МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

В. М. БРОДКИН

МЕХАНИЗМЫ МАГНИТОФОНОВ



6Ф2.1
Б 88
УДК 681.846.7

Бродкин В. М.

Б 88 Механизмы магнитофонов. М., «Энергия», 1977.

80 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 938).

В книге описываются основные механические узлы бытовых магнитофонов, приводятся сравнительный анализ их работы и технология изготовления некоторых деталей. Показаны различные варианты выполнения отдельных механизмсв магнитофовов.

Книга рассчитана на подготовленных радиолюбителей.

Б $\frac{30403\text{-}436}{051(01)\text{-}77}$ 217-77 6Ф2.1

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современное состояние техники магнитной записи характерно появлением новых конструкций магнитофонов, снабженных всевозможными автоматическими системами и дополнительными механизмами, расширяющими эксплуатационные возможности прибора. Новые типы магнитных лент обеспечивают высокое качество записи.

Достижения радиоэлектроники последних лет позволили создать высококачественные усилители и акустические системы с высокой верностью воспроизведения информации. Все это ставит перед конструкторами лентопротяжных механизмов (ЛПМ) магнитофонов задачи по созданию современных надежных механических систем для аппаратуры магнитной записи. Такие же задачи встают и перед радиолюбителем, занимающимся конструированием магнитофонов. При этом обилие всевозможных технических решений одного и того же узла иногда затрудняет для конструктора выбор правильного решения.

Современный магнитофон содержит не только сложные механические системы. Одна из особенностей многих высококачественных конструкций — это взаимодействие механики и электроники. На смену механическим переключателям скорости приходят электронные схемы управления работой электродвигателя. В следящих системах подающих и приемных узлов магнитофона электронные схемы обеспечивают постоянство натяжения магнитной ленты.

На этапе проектирования необходимо внимательно продумать весь процесс изготовления, сборки, эксплуатации и возможного ремонта изделия. Только в этом случае будет обеспечен успех в работе над таким сложным и точным механизмом, каким является магнитофон.

Цель настоящей работы — помочь радиолюбителю-конструктору в создании ЛПМ бытового магнитофона, разобраться в многообразии конструкторских решений, выбрать оптимальный вариант в соответствии с имеющимися техническими возможностями.

Свои замечания и предложения просим направлять по адресу: 113114, Москва, Шлюзовая наб., 10, изд-во «Энергия», редакция Массовой радиобиблиотеки.

Автор

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МАГНИТНЫХ ЛЕНТАХ И МАГНИТНЫХ ГОЛОВКАХ

Магнитофон предназначен для записи и воспроизведения информации. Носителем информации является магнитная лента. Информация, подлежащая записи, в виде электрических сигналов поступает на вход усилителя записи, усиливается до соответствующего уровня, подвергается необходимой частотной коррекции и подается к обмотке головки записи. Головка записи плотно соприкасается с магнитной лентой, которая протягивается со строго постоянной скоростью. Поступивший от усилителя записи сигнал наводит в рабочей части головки записи магнитное поле, изменяющееся в соответствии с изменением сигнала. А на проходящей в этом поле магнитной ленте создается остаточная намагниченность, пропорциональная силе сигнала, прошедшего через головку записи.

Для воспроизведения записи необходимо пропустить магнитную ленту мимо головки воспроизведения. При этом остаточная намагниченность носителя путем наведения в головке воспроизведения ЭДС преобразуется в электрический сигнал. Сигнал поступает на усилитель воспроизведения, а с него — на акустическую систему.

При записи и воспроизведении скорость носителя должна быть одинаковой и постоянной. В противном случае при воспроизведении это приведет к изменению частоты записанного сигнала — частотному искажению информации. Человеческое ухо не улавливает разницы в высоте тона, если она составляет не больше 2% от номинальной. Однако это справедливо лишь в том случае, если изменение частоты происходит медленно и без скачков. Скачкообразные изменения частоты заметны при отклонении на 0,2% от номинальной.

Задача лентопротяжного механизма магнитофона — обеспечить высокое постоянство скорости продвижения магнитной ленты мимо головок магнитофона. Это достигается особой конструкцией узла ведущего вала, приемным и подающим узлами ЛПМ, всем лентопротяжным трактом. Для сохранения параметров магнитной ленты неизменными (предохранение ленты от растяжения и обрывов) служат тормозные и следящие устройства натяжения ленты.

Магнитные ленты. В бытовой аппаратуре звукозаписи магнитная лента шириной 6,25 мм должна храниться намотанной на катушки типа I, выполненные в соответствии с ГОСТ 13275-67. Общий вид такой катушки и основные установочные размеры показаны на рис. 1. Их габариты в зависимости от номера катушки приведены в табл. 1. Там же даны некоторые параметры катушек, которые могут быть использованы радиолюбителями при расчете ЛПМ магнитофона.

Стандартные катушки. Их применение для магнитной ленты позволяет производить обмен записями, сделанными на различных бытовых магнитофонах независимо от конструкции аппарата. Лента для бытовых магнитофонов наматывается на катушку рабочим слоем внутрь рулона. Лента, предназначенная для использования в профессиональной звукозаписи, наматывается в рулон рабочим слоем наружу.

Большинство катушек, выпускаемых промышленностью для бытовых целей, имеет простейшую систему заправки ленты: она вставляется в щель катушки или закрепляется на специальных

Таблица 1

Номер катушки	*D*, мм (рис. 1)	*d*, мм (рис. 1)	Масса, г, не более	Толщина магнитной ленты, мкм	Емкость катушки, м
7,5	76^{+2}	35^{+1}	20	55 37 27 18	50 75 100 150
10	102^{+2}	35^{+1}	25	55 37 27 18	100 150 200 300
13	127^{+2}	45^{+1}	45	55 37 27 18	180 270 360 540
15	146^{+2}	50^{+1}	65	55 37 27 18	250 375 500 750
18	178^{+2}	60^{+1}	85	55 37 27 18	350 525 700 1050

штифтах. Это не всегда удобно, так как для надежного крепления ленты приходится несколько раз проворачивать катушку, чтобы намотать начальные три-четыре витка.

Введение пружинного зажима, конструкция которого показана на рис. 2, устраняет этот недостаток. Магнитная лента *2* зажимается в щели катушки *1* пружинящей пластинкой *5*, изготовленной из тонкой стальной пружинной ленты или из бронзы толщиной 0,3—0,4 мм. В ней имеется сферическая выдавка (пуклевка), при помощи которой лента *2* прижимается к перегородке *6* из оргстекла, вклеенной в стандартную катушку. Выступ *4* ограничивает перемещение зажима *5* в момент заправки ленты. Зажим укрепляется в катушке при помощи заклепки *3*.

Наружный конец ленты закрепляют липкой пленкой. Однако такое предохранение рулона от разматывания нередко приводит к повреждению рабочего слоя ленты из-за сильной адгезии клеевого слоя липкой пленки. Лучше всего закреплять наружный виток

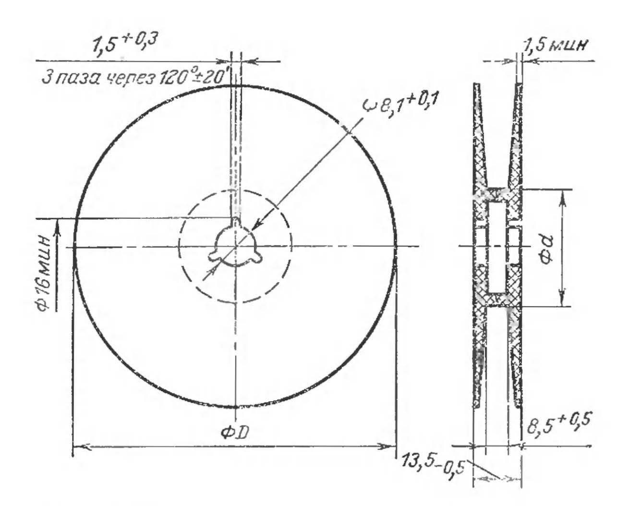


Рис. 1. Габаритные и установочные размеры катушки типа I.

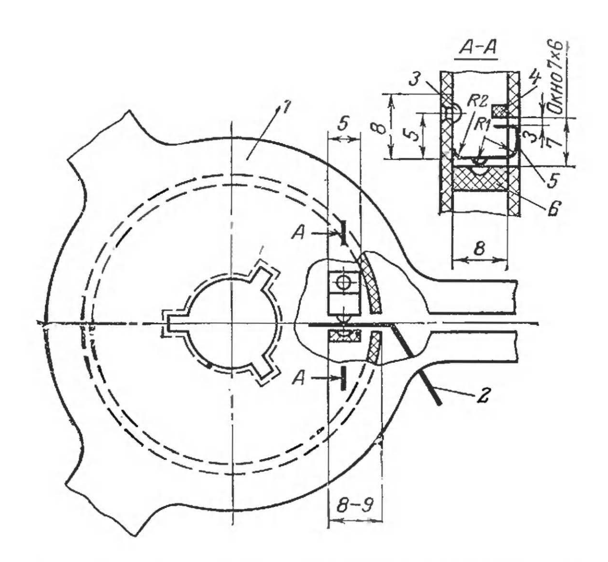


Рис. 2. Конструкция самодельного зажима для магнитной ленты в катушке.

рулона специальными зажимами (рис. 3, *а*). Как правило, это пластмассовые вкладыши (рис. 3, *б* и *в*), зажимаемые соответственно между щеками стандартной катушки *1* или в ее заправочной щели *2*. Такой зажим нетрудно склеить в домашних условиях из целлулоида или тонкого листового органического стекла.

Бесконечная кассета. В практике звукозаписи нередко возникает необходимость в применении магнитной ленты, склеенной в кольцо определенной длины. Это удобно в различных информаторах, в ревербераторах и других устройствах, где требуется периодическое воспроизведение или запись одной и той же информации. В этих случаях магнитную ленту, склеенную в кольцо, хранят в так называемой «бесконечной» кассете.

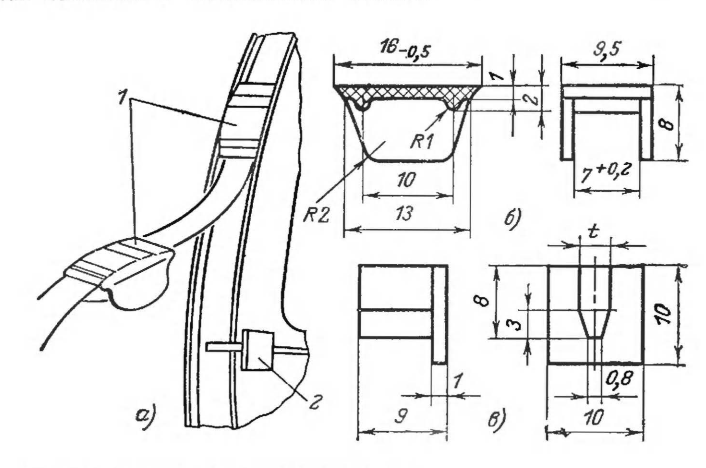


Рис. 3. Зажимы для магнитных лент.

На рис. 4, *а* показана одна из возможных конструкций такой кассеты, рассчитанной на размещение около 110 м ленты типа А4402-6. Кассета состоит из двух металлических щечек *1* и *3*, укрепляемых винтами *4* (М2×5) на фторопластовой втулке *2*. Перед намоткой магнитной ленты на кассету внутреннюю поверхность щечек *1* и *3*, втулки *2* и самой ленты необходимо тщательно смазать графитовой смазкой. Смазка из-за уменьшения трения облегчает взаимное проскальзывание витков ленты в рулоне, снижает нагрузки на ленту и ведущий двигатель. Отсутствие сухой (графитовой) смазки может привести к заклиниванию кассеты.

Оставив незаправленным конец ленты длиной 100—150 мм, саму ленту плотно наматывают на кассету. Расположение рабочего слоя магнитной ленты (внутрь или наружу рулона) определяется конструкцией магнитофона, на котором будет работать «бесконечная» кассета. Соединение концов магнитной ленты в кольцо лучше всего производить специальной липкой пленкой *4* (рис. 4, *б*). В этом случае не будет происходить коробления места стыка, которое наблюдается при склейке. Место соединения небходимо дополнительно обработать, подрезав торцы ленты *5*, как это показа-

но на рис. 4, *б*. При работе «бесконечной» кассеты лента вытягивается из центра рулона, а наматывается на его внешнюю сторону. Сама кассета неподвижна и во вращении не участвует. Чтобы осуществить фиксацию «бесконечной» кассеты, в ее нижней щечке *1* имеется установочное отверстие, в которое входит специальный штифт, укрепленный на панели магнитофона.

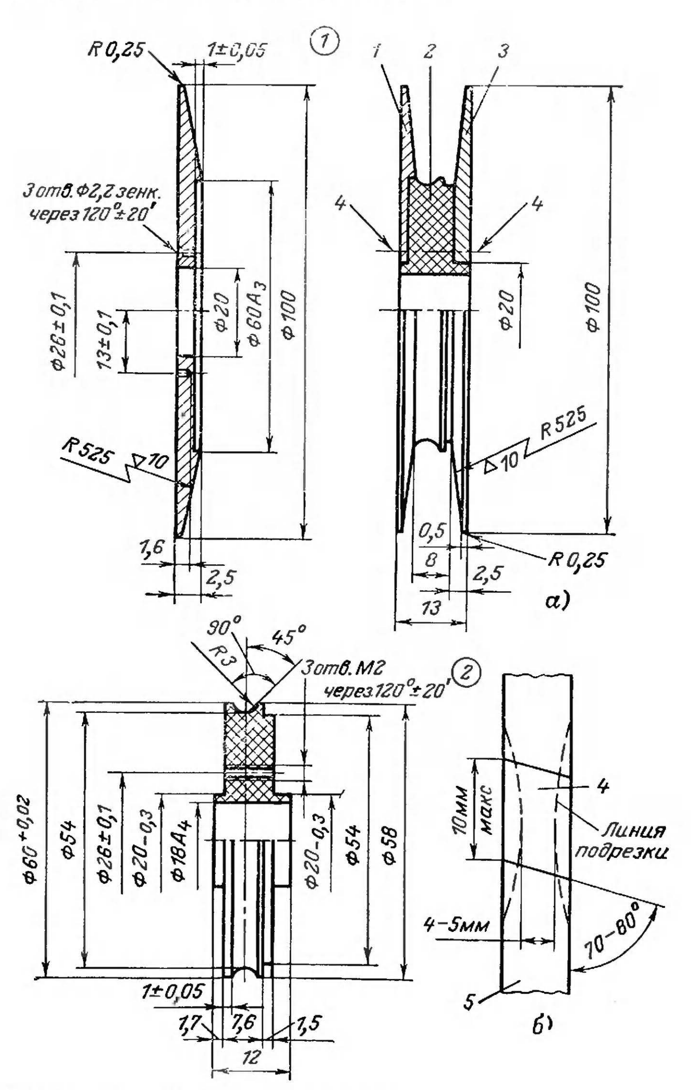


Рис. 4. Конструкция «бесконечной» кассеты.

Большое значение для устойчивой работы «бесконечной» кассеты имеет длина петли ленты, выступающей из кассеты. Для описываемой конструкции она равна 250—300 мм. Более точно размер петли устанавливается опытным путем.

Несколько слов о технологии изготовления деталей «бесконечной» кассеты. Щеку *3* вытачивают по размерам, указанным на рис. 4, *а*. Необходимо тщательно обработать рабочую поверхность детали, выдержав не только размеры, но и чистоту обработки ∇ 10. Детали *1* и *2* окончательно обрабатываются только совместно после запрессовки (и дополнительного крепления тремя винтами *4*) в щеку *1* втулки *2*. Особое внимание необходимо уделить обработке места перехода от втулки *2* к щеке *1* (недопустимо образование никаких уступов, выемок или других дефектов) и форме фасонной проточки на втулке *2*. Как и в случае с деталью *3*, чистота обработки рабочих частей втулки *2* и щеки *1* должна соответствовать ∇ 10.

Правильно подобранная плотность намотки рулона ленты и длина ее петли обеспечивают надежную работу «бесконечной» кассеты на скоростях ленты, не превышающих 4,76 см/с. Стабильной работе кассеты способствует применение тонких магнитных лент, имеющих гладкую (каландрованную) поверхность.

Для безотказной работы соотношение между минимальным и максимальным диаметрами рулона не следует выбирать больше 2,5. Желательно минимальный диаметр сердечника «бесконечной» кассеты брать как можно большим. При этом уменьшается угловая скорость скольжения соседних витков, что повышает надежность работы такой кассеты.

Снижению нагрузок на магнитную ленту в «бесконечной» кассете способствует выполнение вращающейся внутренней втулки (при неподвижных щеках кассеты). С этой же целью основание кассеты делают с радиально расходящимися ребрами.

В соответствии с ГОСТ 12392-71 установлен порядок расположения дорожек при записи на магнитной ленте шириной 6,25 мм, показанный на рис. 5.

Компакт-кассета. В настоящее время широкое распространение получила кассета (рис. 6), предложенная специалистами фирмы Philips. В этой кассете применена магнитная лента шириной 3,81 мм. Она обозначается индексом С. В зависимости от толщины применяемой в кассете ленты время звучания при двухдорожечной записи может быть от 60 до 120 мин. Время записи выносится в маркировку компакт-кассеты (С-60, С-90 и С-120). В СССР кассеты такого типа маркируются индексом МК, например, МК-60 (малогабаритная кассета). Применение компакт-кассет значительно упрощает эксплуатацию магнитофона: исключается процесс заправки ленты в лентопротяжный тракт. Именно простота эксплуатации, надежная защита магнитной ленты от механических повреждений сделали кассету и работающие с ней кассетные магнитофоны достаточно популярными.

Сверхтонкая магнитная лента заключена в тонкостенный пластмассовый корпус симметричной формы. Крепление концов ленты к сердечникам исключает самопроизвольное отсоединение ленты. Корпус содержит полный тракт протяжки магнитной ленты: два направляющих ролика; простейший лентоприжим в виде тонкой металлической пружины с эластичной прокладкой-прижимом; пластинку из магнитомягкого материала, служащей экраном универ-

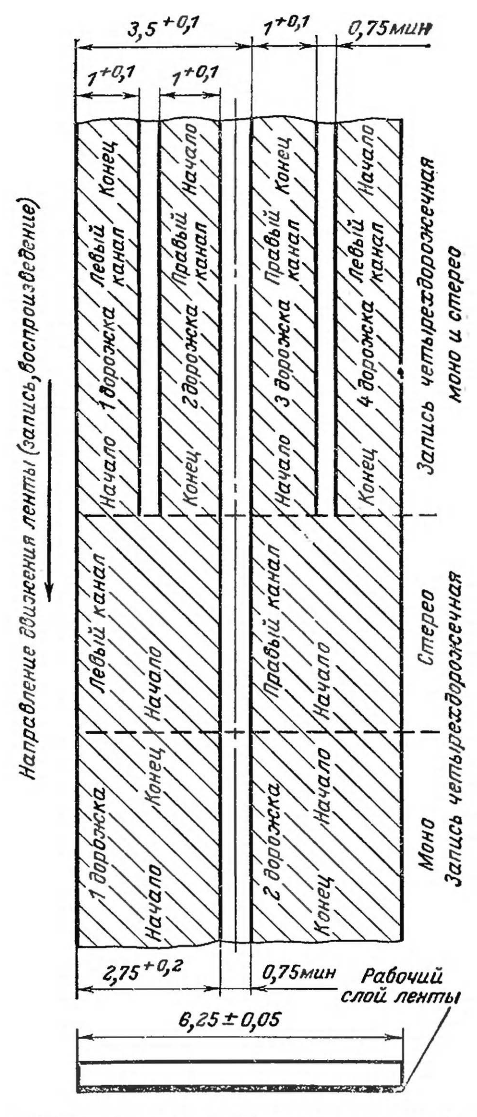


Рис. 5. Расположение дорожек при записи на магнитной ленте шириной 6,25 мм.

сальной головки. В кассете имеются специальные установочные отверстия и опорные поверхности (рис. 7) для однозначной установки ее в ЛПМ магнитофона.

Расположение дорожек при записи на кассетном магнитофоне показано на рис. 8. Переход с одной дорожки на другую осуществляется простым переворачиванием кассеты (при двухдорожечной

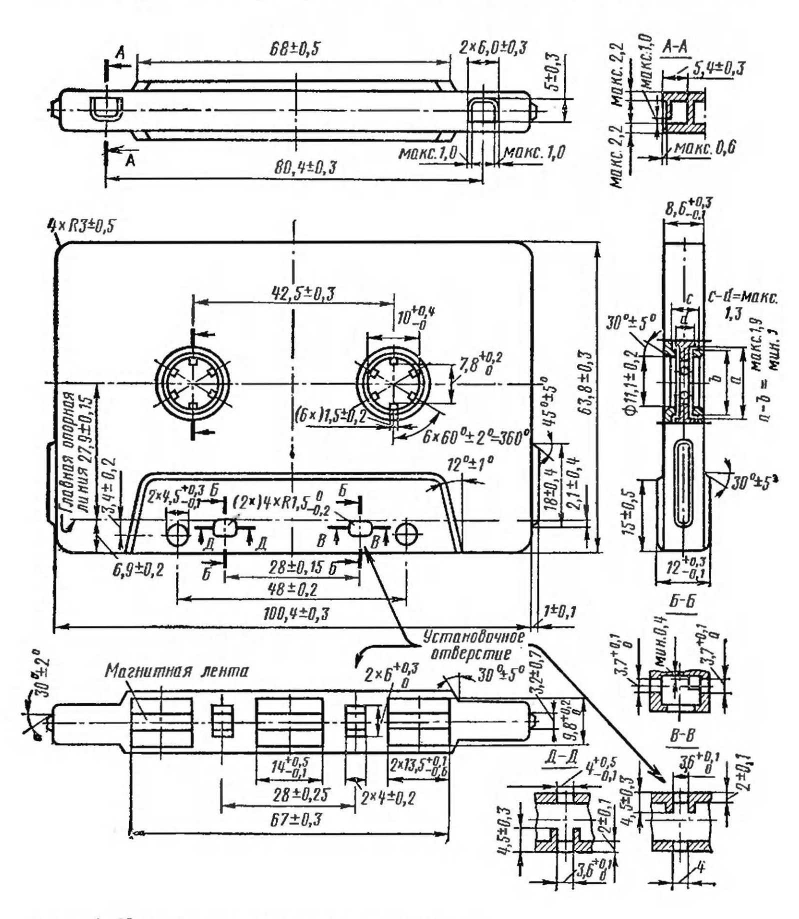


Рис. 6. Конструкция кассеты типа МК-60.

монофонической или стереофонической записи). При монофонической записи на четыре дорожки требуется переключение соответствующих головок. Однако, как правило, четыре дорожки применяются только при стереозаписи. При использовании стереомагнитофона в режиме «моно» запись производится одновременно на две соседние дорожки. Аналогично производится и воспроизведение.

Таблица 2

Вид головки	Тип	Преимущественное применение	Число дорожек фонограммы	Ширина рабочего зазора, мкм	Индуктивность, мГ	Ток записи, мА	Ток подмагничивания, мА
Записывающая	6А24В1	Л	4	$10_{-0,3}$	225—375	0,11—0,19	0,22—0,37
	6А24Н1	Т	4	$10_{-0,3}$	225—375	0,11—0,19	0,22—0,37
	6А22В1	Л	2	$10_{-0,3}$	225—375	—	0,34—0,56
	6А22Н1	Т	2	$10_{-0,3}$	225—375	0,075—0,13	1,8—3,0
Воспроизводящая	6В22В1	Л	2	$3_{-0,5}$	500—800	—	—
	6В22Н1	Т	2	$3_{-0,5}$	36—62	—	—
Универсальная	6Д24В1	Л	4	$3_{-0,5}$	500—800	0,05—0,08	0,24—0,46
	6Д24Н1	Т	4	$3_{-0,5}$	38—62	0,15—0,25	1,0—1,8
	6Д12В1	Л	2	$3_{-0,5}$	500—800	0,03—0,05	0,35—0,65
	6Д12Н1	Т	2	$3_{-0,5}$	38—62	0,19—0,31	1,6—3
Стирающая	6С2419. 1	Для $v_{макс}$ 19 см/с	4	100	0,45—0,75	—	60
	6С249. 1	Для $v_{макс}$ 19 см/с	4	250	0,65—1,1	—	60
	6С2219. 1	Для $v_{макс}$ 9 см/с	2	100	0,75—1,25	—	60
	6С129. 1	Для $v_{макс}$ 9 см/с	2	250	1,3—2,2	—	60
	6С124. 1	Для $v_{макс}$ 4 см/с	2	100	1,7—2,8	—	30

Примечание. Л — ламповые схемы; Т — транзисторные схемы.

Магнитные головки. Запись, воспроизведение и стирание информации на магнитной ленте осуществляются специальными электромагнитными устройствами — магнитными головками.

Технология изготовления магнитных головок, особенно предназначенных для работы с низкими скоростями движения магнитной ленты, очень сложна. Поэтому можно рекомендовать радиолюбителям при конструировании магнитофонов использовать магнитные головки от магнитофонов, имеющихся в продаже.

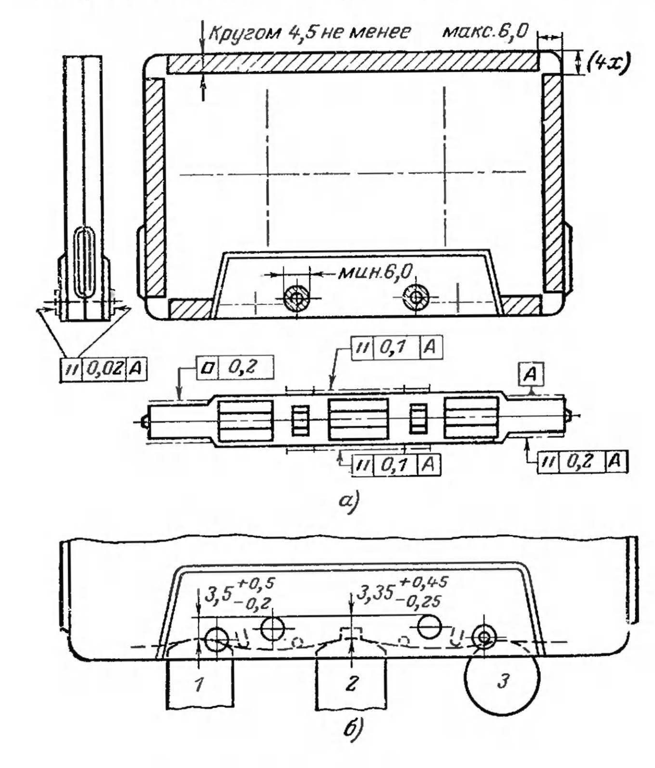


Рис. 7. Установочные размеры кассеты.

а — опорно-посадочные поверхности кассеты; *б* — установка магнитных головок *1* и *2* относительно кассеты, *3* — прижимной ролик.

В табл. 2 приведены технические данные наиболее распространенных магнитных головок промышленного производства, применяемых в бытовых магнитофонах.

При установке магнитных головок на панель ЛПМ существенное значение имеет положение головки относительно магнитной ленты. Если при записи и воспроизведении ориентация щелей головок разная, то появятся весьма ощутимые искажения сигнала. Степень этих искажений зависит от угла между рабочими зазора-

ми головок записи и воспроизведения. При небольшом угловом расхождении теряются верхние частоты. Нестандартная установка рабочего зазора головки на самодельном магнитофоне может обнаружиться при воспроизведении записей, сделанных на других магнитофонах. Поэтому во всех конструкциях ЛПМ обязательно предусматривают устройства для юстировки положения рабочих зазоров записывающих и воспроизводящих головок (универсальных). Головки стирания, как правило, не требуют специальных регулировок.

Конструкции *юстировочных устройств* (рис. 9) весьма несложны. Их выполняют в виде планки *4*, один конец которой закреплен на панели ЛПМ *5*, а другой подпружинен (пружина *1*) и с помощью винта *2* может быть поджат или удален от панели (рис. 9, *а*). На планку жестко крепится магнитная головка *3*. Крепление головки к юстировочной планке может быть самым различным (винтом, скобкой, эпоксидным клеем и т. д.) и зависит от конструкции головки. Юстировочное устройство, показанное на рис. 9, *б*, более компактно и позволяет установить головку с наименьшим расстоянием от панели ЛПМ *5*, что иногда важно в малогабаритных магнитофонах. В этом случае диаметр шарика *6* выбирают небольшим (1,5—2 мм). Два винта, расположенные соосно рабочему зазору головки, позволяют регулировать ее наклон вперед — назад. Положение рабочего зазора по высоте проще всего установить, подкладывая под головку прокладки необходимой толщины. Большое значение для обеспечения высоких качественных показателей магнитной записи имеют выбор угла огибания головки магнитной лентой и степень ее прилегания к рабочей поверхности головки. При очень большой площади соприкосновения ленты с головкой увеличивается трение в паре головка — лента, что вызывает повышенный износ магнитной ленты и увеличивает нагрузки на ЛПМ. Малый угол огибания головки может привести к нарушению контакта ленты с головкой в зоне рабочего зазора. Длина линии этого контакта (в направлении движения ленты) зависит от конструкции головки и может колебаться в пределах 2—4 мм.

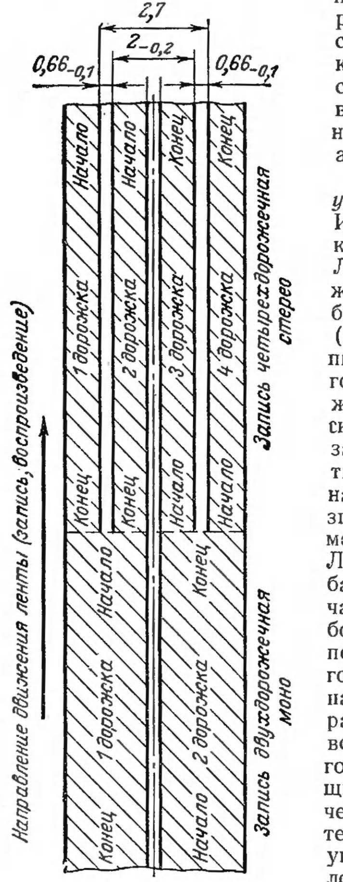


Рис. 8. Расположение дорожек при записи на магнитной ленте шириной 3,81 мм.

Рис. 9. Способы установки магнитных головок на панели ЛПМ.

Рис. 10. Прижим магнитной ленты в ЛПМ, работающих с большой скоростью движения магнитной ленты.

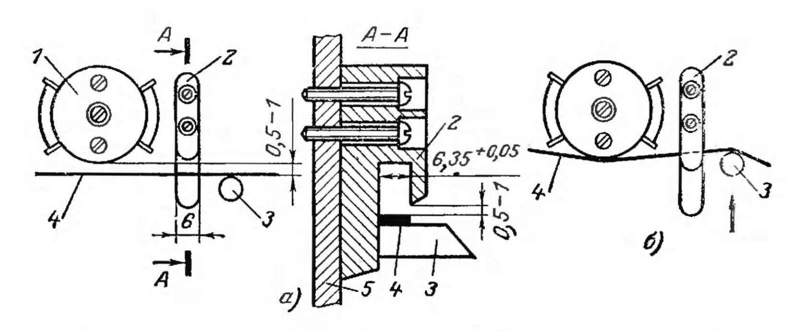


Рис. 11. Конструктивная схема системы «направляющая вилка — прижимной штырь».

а — система в режиме «стоп» или «перемотка»; *б* — система в режиме «запись — воспроизведение»; *1* — магнитная головка; *2* — направляющая вилка; *3* — прижимной штырь; *4* — магнитная лента; *5* — панель ЛПМ или блока головок.

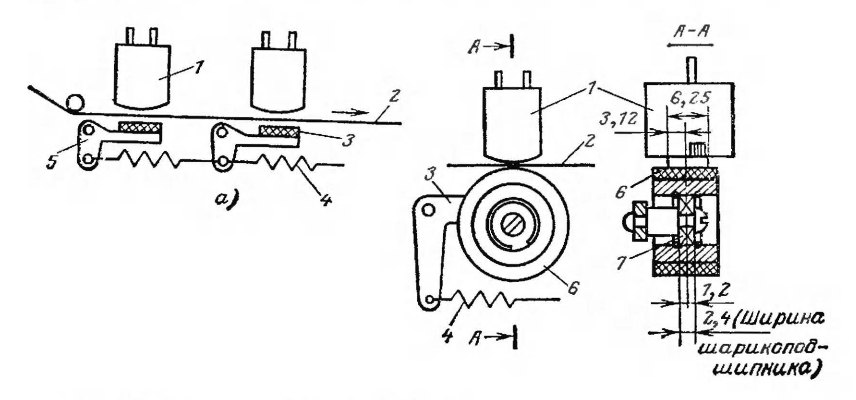


Рис. 12. Конструкции лентоприжимов.

В магнитофонах, работающих на больших скоростях (19 см/с и выше), сила натяжения магнитной ленты превышает 1200 Н и за счет этого достаточно плотно прилегает к магнитным головкам. Иначе обстоит дело в магнитофонах с небольшими скоростями движения ленты. Необходимый угол огибания магнитной головки (10—15°) достигается подвижными штырями (рис. 10). В режиме «стоп» или «перемотка» штыри *3* отводят ленту *2* от головок *1*, уменьшая их износ (рис. 10, *а*). В рабочем режиме («запись — воспроизведение») штыри смещаются в направлении головок (рис. 10, *б*), обеспечивая необходимый угол огибания. Для исключения продольных перемещений ленты в непосредственной близости от головок вместо штырей применяют направляющие колонки (рис. 10, *в*). Однако это усложняет заправку ленты в магнитофон.

Определенный интерес представляет конструкция, показанная на рис. 11. Она сочетает в себе достоинства системы со штырями: простота заправки ленты в блок головок и, кроме того, обеспечивает фиксацию магнитной ленты от поперечных перемещений за счет направляющих стоек.

В магнитофонах, работающих на больших скоростях, иногда вообще можно обойтись без системы прижимающих штырей, для чего магнитные головки располагают согласно рис. 10. При этом соответственно поворачивают и рабочие зазоры боковых головок. Если используются только две головки — стирающая и универсальная, то достаточно их рабочие зазоры развернуть на небольшой угол. Основной недостаток описанных конструкций с криволинейной траекторией магнитной ленты в зоне головок — постоянный контакт ленты с головками. Правда, его можно частично устранить введением в конструкцию штырей, отводящих ленту при перемотке.

Для снижения электрических шумов, вызываемых намагничиванием направляющих и прижимных штырей или колонок, их изготовляют из немагнитных материалов с высокой стойкостью к истиранию: из бронзы БрКМц3-1, БрОФ, нержавеющей стали Х18Н9Т и других аналогичных сплавов.

При конструировании ЛПМ, работающих на низких скоростях движения магнитной ленты, наличие специальных лентоприжимов обязательно, так как в таких магнитофонах натяжение магнитной ленты невелико и реализация описанных выше способов установления требуемого контакта ленты с головкой неэффективна.

Простейший лентоприжим (рис. 12, *а*) — это рычажок, на одном конце которого приклеен кусочек тонкошерстного фетра *3*. В режиме «запись — воспроизведение» он плотно прижимает к рабочей поверхности головки *1* магнитную ленту *2*. Второй конец рычажка *5* через пружину *4* связан с прижимным роликом ведущего узла. Этим обеспечивается синхронность срабатывания лентоприжимов и прижимного ролика ЛПМ. Рычаг *5* конструктивно часто выполняют вместе с магнитным экраном, обеспечивающим снижение электромагнитных наводок на головку.

Однако такой прижим создает значительное трение, и из-за неоднородности материала фетра возникают поперечные колебания магнитной ленты. Конструкция роликового лентоприжима (рис. 12, *б*) уменьшает нагрузку на ЛПМ, не снижая поперечного смещения ленты. Как видно из рисунка, магнитная лента прижимается к рабочей поверхности головки при помощи обрезиненного ролика *6*, который может быть аналогичен прижимному ролику магнитофона. Для снижения нагрузки на ЛПМ в ролик устанавливают шарикоподшипник *7*. Ролик практически трудно сделать однородным. В силу этого такой лентоприжим создает переменные нагрузки на ленту, что вызывает детонацию в лентопротяжном тракте магнитофона. Кроме того, затруднена экранировка рабочей поверхности магнитной головки.

С появлением новых материалов стали возможны другие конструктивные решения лентоприжима, например ленточный прижим. Его конструкция показана на рис. 13, *а*. Лавсановая или фторопластовая лента *2* толщиной около 0,1 мм, закрепленная одним концом на стойке рычага лентоприжима *7* и стойке *3*, натягивается пружиной *6*. Эти ленты, особенно фторопластовая, имеют очень малый коэффициент трения в паре с магнитной лентой. Поэтому в режиме рабочий ход, когда лентоприжим входит в контакт с

магнитной лентой и прижимает последнюю к рабочей поверхности магнитной головки *1*, ЛПМ не испытывает больших нагрузок.

Еще меньшее давление на магнитную ленту и меньший износ головок обеспечивает пассиковый лентоприжим (рис. 13, *б*). Лавсановая или фторопластовая лента толщиной 0,05—0,1 мм изготовлена в виде бесшовного пассика *4*, надетого на ролики *5*, укрепленные на рычаге лентоприжима *7*. Чтобы не увеличивать детонацию ЛПМ из-за эксцентриситета в роликах *5*, их необходимо изготовить с высокой степенью точности. Лучше всего применить в качестве

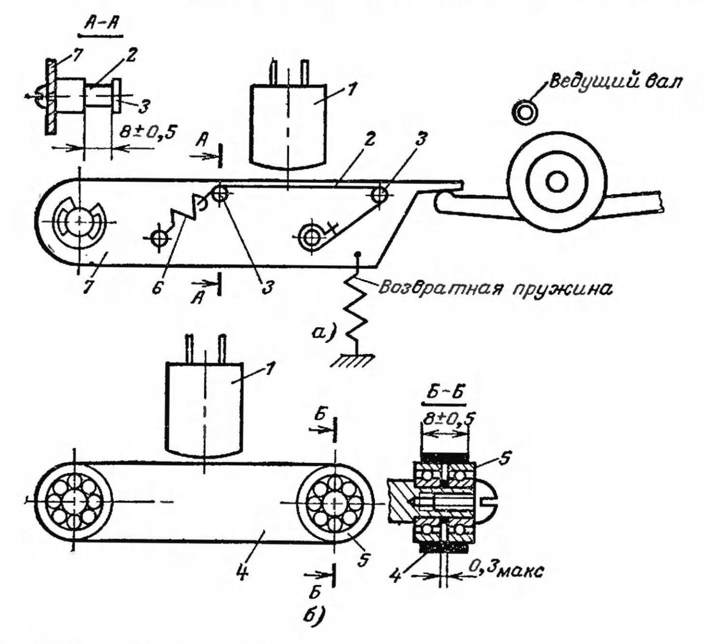


Рис. 13. Конструкции ленточных лентоприжимов.

роликов прецезионные шарикоподшипники. Избежать поперечного смещения пассика можно с помощью направляющей вилки. Ее устанавливают перед роликом *5* (по ходу движения пассика *4*). При качественном изготовлении роликов пассиковый лентоприжим создает хорошие условия работы ЛПМ по нагрузочным характеристикам и по надежности контакта магнитной ленты с головками магнитофона.

При конструировании лентоприжима необходимо обеспечивать равномерное давление на магнитную ленту по всей ее ширине. Лучше всего применять самоустанавливающиеся планки лентоприжима. Ось качания должна проходить посередине ширины магнитной ленты. Примеры выполнения самоустанавливающихся конструкций будут приведены при рассмотрении конструкций прижимных роликов ведущих узлов ЛПМ.

Для фиксации положения магнитной ленты в поперечном направлении служат направляющие колонки. Они часто применяются и для изменения направления движения ленты.

Ширина паза в направляющей должна быть несколько больше ширины ленты и практически выбирается равной 6,35—6,4 мм. С высокой степенью точности можно изготовить сборную направляющую согласно рис. 14, *а*. Втулку, определяющую размеры паза для ленты, необходимо прошлифовать с торцов до размера 6,35± ±0,05 мм. Чистота поверхности рабочей части направляющих дол-

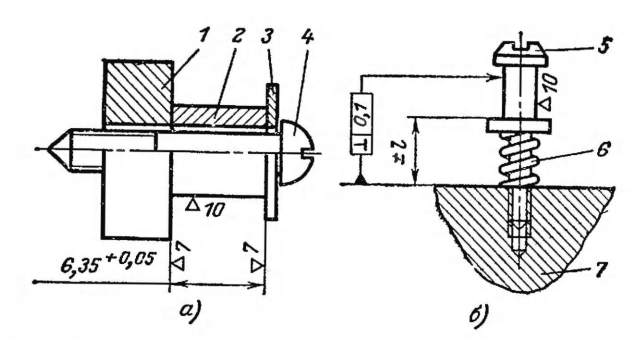


Рис. 14. Конструкции направляющих колонок.

а — сборная конструкция; *б* — направляющая колонка, регулируемая по высоте; *1* — нижняя щека; *2* — втулка; *3* — верхняя щека; *4* — установочный винт; *5* — направляющая колонка; *6* — пружина; *7* — панель ЛПМ.

жна быть не ниже ∇ 10. Для их изготовления применяют немагнитные сплавы. С целью повышения износостойкости рабочей части направляющих их покрывают хромом толщиной 9—12 мкм.

Для обеспечения точной установки рабочей части направляющей колонки относительно плоскости панели ЛПМ можно воспользоваться конструкцией, показанной на рис. 14, *б*. Неподвижные направляющие оказывают заметное сопротивление движению магнитной ленты при прохождении ее через тракт ЛПМ. Даже хромовое покрытие и износостойкие материалы не предотвращают истирание рабочей поверхности направляющих, что приводит к изменению параметров лентопротяжного тракта ЛПМ.

Роликовые направляющие не требуют применения износостойких материалов и специальных гальванических покрытий, не всегда доступных радиолюбителю, снижают нагрузки от трения. Однако даже небольшой эксцентриситет рабочей поверхности ролика (10—15 мкм) может стать источником дополнительной детонации. Поэтому направляющие ролики обычно изготовляют с применением прецезионных шарикоподшипников (особо легких серий). С целью снижения эксцентриситета, неизбежно возникающего при посадке на шарикоподшипник гильзы с направляющим пазом, проще применять ролик, имеющий неподвижные щечки.

Эластичность и малая толщина магнитной ленты вызывают трудности с фиксацией ее в пазу направляющей колонки или роли-

ка. Поэтому лучше всего в месте установки направляющей колонки изогнуть тракт движения ленты. На изгибе лента меньше подвержена деформации.

Как видно из рис. 14, *а*, пазы в колонках выполняются с гарантированным зазором относительно ширины ленты. Это связано с тем, что в процессе эксплуатации магнитная лента подвергается деформации и изменяет свои размеры. Кроме того, невозможно идеально точно по ширине выполнить склейки на ленте. Поэтому приходится делать паз в направляющих шире, чем размер ленты. При двухдорожечной записи указанные на рисунке допуски не оказывают особого влияния на качество записи. Однако при четырехдорожечной записи даже небольшое перемещение ленты в поперечном направлении существенно сказывается на качестве записи.

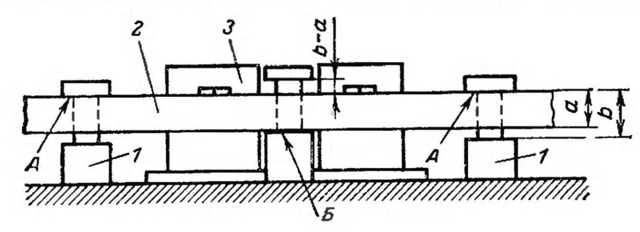


Рис. 15. Установка направляющих колонок.

В целях лучшей фиксации положения магнитной ленты в ЛПМ, предназначенных для многодорожечной записи, применяют систему из трех направляющих (рис. 15). Две крайние колонки *1* устанавливают на одном уровне (щечки *А* касаются верхнего края магнитной ленты), среднюю колонку поднимают относительно крайних, и она касается ленты *2* нижней щечкой *Б*. Таким образом, магнитная лента как бы находится в пазу, калиброванном точно по ширине ленты (без допуска на неточность склейки и иные дефекты). Однако это не сказывается на прохождении склеек через блок головок *3*, так как опорные поверхности *А* и *Б* разнесены. Как видно из рисунка, разность уровней установки направляющих равна разности между номинальной шириной магнитной ленты и действительной шириной паза направляющей колонки $(b - a)$.

Все рассмотренные конструкции ограничителей поперечного перемещения ленты неприемлемы для кассетного магнитофона, в котором их негде устанавливать. Поэтому в кассетном магнитофоне для стабилизации ленты в поперечном направлении в головки впрессовывают специальные направляющие штыри. Аналогичное решение можно встретить и в конструкциях некоторых магнитных головок, предназначенных для ленты шириной 6,25 мм: к экрану головки прикреплена планка с ограничительным пазом.

Во время эксплуатации магнитофона у магнитных головок накапливается ферромагнитная пыль. Ее необходимо периодически удалять. Чистка ведущего вала и прижимного ролика осложняется тем, что они расположены в непосредственной близости от блока головок и доступ к ним нередко бывает затруднен. Конструкторы стремятся облегчить подход к этим узлам, сделать конструкцию ЛПМ в виде функциональных легкодоступных блоков. Одним из

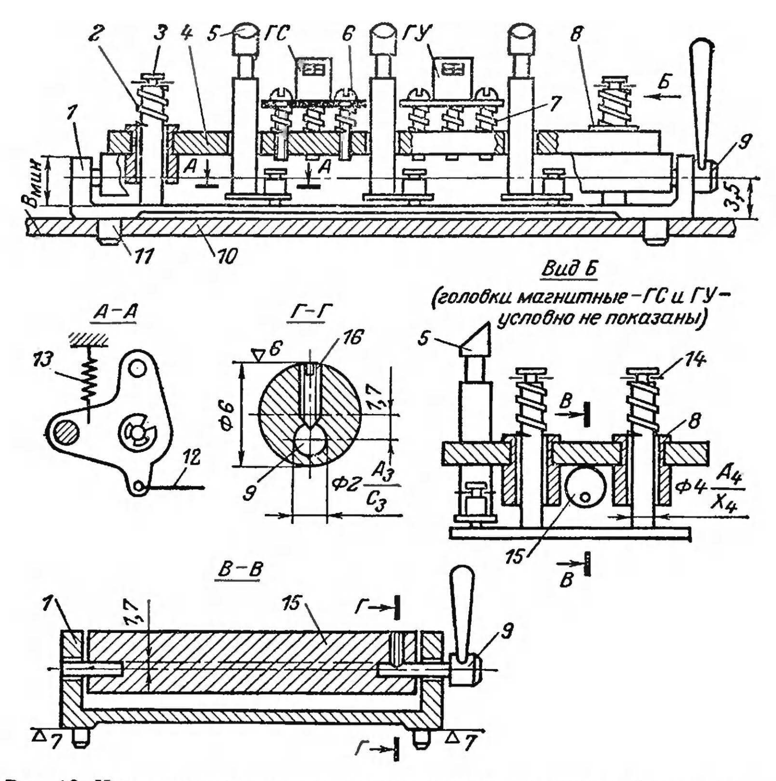
таких узлов является блок магнитных головок. Как правило, он применяется в профессиональных магнитофонах, значительно реже — в бытовых. Назначение блока — обеспечить легкий доступ к магнитным головкам и деталям ведущего узла без нарушения юстировки.

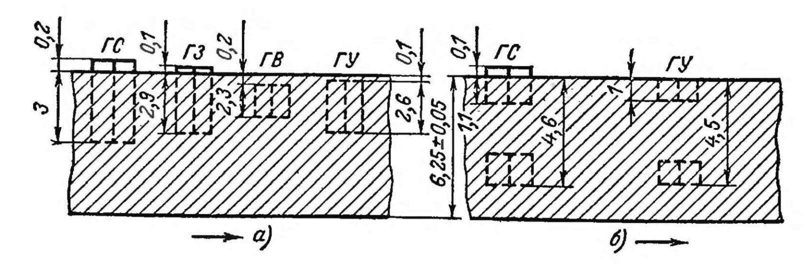
Блок магнитных головок — это специально сконструированный корпус, на котором смонтированы головки, юстировочные устройства, направляющие колонки. Зачастую в нем же установлены и лентоприжимы.

Корпус блока головок имеет жесткую конструкцию, тщательно обработанные и подогнанные опорные и сопрягаемые с панелью ЛПМ поверхности. Для фиксации блока в ЛПМ на корпусе располагаются установочные штыри. Допуск на межцентровое расстояние между штырями (соответственно и между отверстиями в панели ЛПМ для прохода этих штырей) — не более ±0,1 мм. Штыри и отверстия под них следует выполнять по скользящей посадке не ниже третьего класса (A_3/C_3). Блок закрепляется на панели ЛПМ легкодоступными винтами. В профессиональных магнитофонах блоки магнитных головок снабжены хорошо экранированными разъемами для подключения головок к электрической схеме магнитофона. Разъемы укреплены на корпусе блока и на панели ЛПМ. Такой блок магнитных головок позволяет легко и быстро делать профилактический осмотр, ремонт и чистку ЛПМ, не производя после этого какие-либо регулировки его тракта. Вместе с тем изготовление такого оснащенного блока связано с большим объемом высокоточных работ и оправдано лишь для магнитофонов, подвергаемых усиленной эксплуатации.

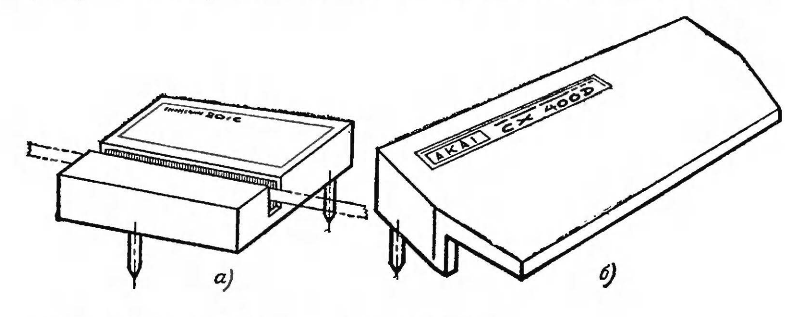
В силу этого в любительских и промышленных бытовых магнитофонах блоки головок изготовляют упрощенных конструкций. Одна из конструктивных схем такого блока показана на рис. 16. Его основанием служит корпус *1* с запрессованными в него установочными штырями *11*. На рычагах корпуса смонтированы направляющие *5*, одновременно с фиксацией ленты в поперечном направлении обеспечивающие подвод магнитной ленты к головкам в режиме «рабочего хода» с помощью пружин *13* и отвод в режимах «стоп» и перемотках — тягой *12*. Каждая головка (ГС и ГУ) крепится тремя винтами *6* к планке *4*. Между головкой и планкой *4* на винты надеты достаточно сильные пружины *7*. Такое крепление головки позволяет не только регулировать положение рабочего зазора, но и с высокой степенью точности устанавливать головку на требуемую высоту. К планке *4* приклепаны три втулки *8*. В отверстия этих втулок входят стойки *3*, неподвижно укрепленные на корпусе *1*. На стойки *3* надеты витые пружины *2*, удерживаемые запорными шайбами *14*. Между планкой *4* и корпусом *1* расположен вал-эксцентрик *15*. Он жестко крепится стопорным винтом *16* на оси *9*, заканчивающейся ручкой рычажкового типа. Пружины *2* плотно прижимают планку *4* с головками к валу-эксцентрику *15*. Поворот ручки на 180° приводит к изменению высоты планки относительно панели ЛПМ на 1,7 мм.

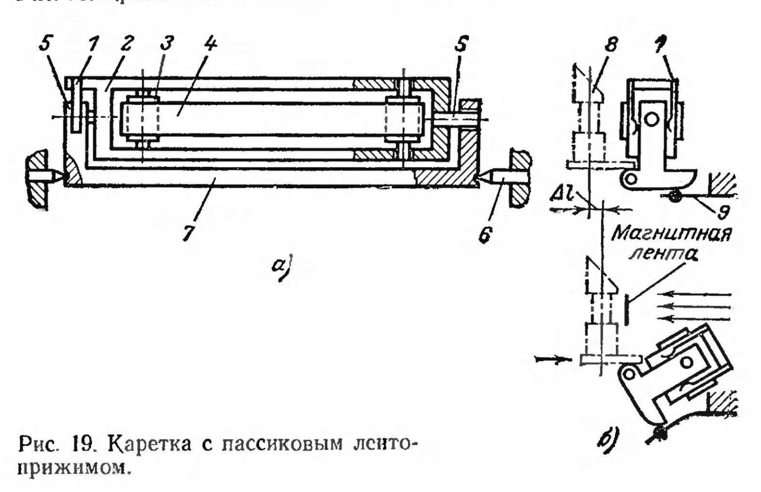
Такой механизм позволяет достаточно просто осуществить четырехдорожечную запись с помощью обычной двухдорожечной магнитной головки, подвергнутой следующей доработке (она заключается в уменьшении высоты рабочей щели с 2,4 до 1,6 мм). Для этого мелким надфилем у головки аккуратно стачивается рабочая часть на глубину до 1,5 мм при ширине паза 0,8 мм. Образовав-


Рис. 16. Конструктивная схема перемещаемого по высоте блока магнитных головок.


Рис. 17. Расположение рабочих зазоров магнитных головок относительно магнитной ленты шириной 6,25 мм.

шуюся полость заполняют бронзовым вкладышем, укрепленным в головке с помощью эпоксидного клея. После затвердевания клея рабочую часть головки шлифуют. Все операции по ее обработке необходимо производить острым инструментом, без приложения большого усилия. Изменяя высоту головки над панелью *10* и переворачивая катушки с лентой, как при обычной двухдорожечной


Рис. 18. Крышки блоков магнитных головок.


Рис. 19. Каретка с пассиковым лентоприжимом.

записи, можно получить запись на четырех дорожках. Для правильной установки высоты рабочих зазоров необходимо воспользоваться данными, приведенными на рис. 17.

В высококачественных ЛПМ, оснащенных достаточно механизированным блоком головок, возникает проблема простоты заправки магнитной ленты. Заправка через щель (рис. 18, *а*) длиной более 70—90 мм весьма неудобна. Как правило, в ЛПМ с реверсивным движением ленты и двумя комплектами головок получить блок с трактом короче 120 мм затруднительно. В таких блоках на крышке удаляется стенка, обращенная к рабочей части головок, и зарядка ленты в блок производится со стороны отсутствующей

стенки (рис. 18, *б*). При этом возникают трудности с установкой лентоприжимов.

На рис. 19, *а* показана конструктивная схема пассикового лентоприжима, не мешающего заправке ленты в блок, изображенный на рис. 18, *б*. Как видно из рисунка, ролики *3* и натянутый на них пассик *4* установлены в рамку *2*. Рамка имеет две полуоси *5*, расположенных симметрично петле пассика и укрепленных в каретке *7*, которая в свою очередь может поворачиваться вокруг полуосей *6*. К рамке *2* привинчены две плоские пружинки *1*, слегка касающиеся каретки и удерживающие рамку от произвольного опрокидывания.

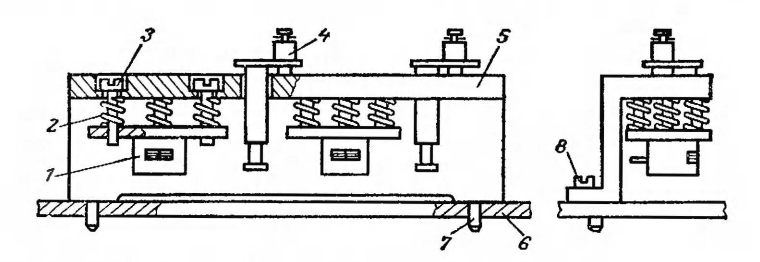


Рис. 20. Компоновочная схема блока магнитных головок.

1 — магнитная головка; *2* — пружина; *3* — установочный винт; *4* — рычаг с направляющей; *5* — корпус блока магнитных головок; *6* — панель ЛПМ; *7* — установочный штырь; *8* — винт.

В вертикальном положении (рис. 19, *а*) каретку и весь лентоприжим удерживает плоская пружина *9*. Это рабочее положение механизма (пассик прижимает магнитную ленту к головкам). В режиме «стоп» и «перемотка» направляющая *8* смещается вправо на величину Δl. Специальный выступ на рычажке направляющей надавливает на каретку и, преодолев сопротивление плоской пружины *9*, поворачивает ее с механизмом пассикового лентоприжима (рис. 19, *б*). Таким образом создается возможность свободной заправки магнитной ленты в блок головок.

Заметим, что установка всех этих механизмов в блок головок требует увеличения его размеров.

Более простая конструкция блока магнитных головок приведена на рис. 20.

Как правило, головки, выпускаемые промышленностью, заключены в экраны, защищающие их от внешних электромагнитных полей. Чем меньше магнитная головка, тем меньше она подвержена влиянию посторонних наводок. Сам корпус блока выполняет роль экрана. Однако высококачественные магнитофоны, содержащие большое количество электромагнитов, электродвигателей, реле и трансформаторов, являются источником повышенного уровня наводок на магнитные головки. В этом случае прибегают к их дополнительной экранировке, заключая в экраны из магнитомягкой стали или электротехнической меди. Толщину экранов выбирают в пределах 0,5—0,8 мм.

Независимо от того, как установлены магнитные головки в ЛПМ — в блоке или отдельно на панели ЛПМ, экраны и сердечники головок должны иметь электрический контакт с корпусом магнитофона для обеспечения стекания электрических зарядов, образующихся от трения магнитной ленты.

УЗЛЫ ЛЕНТОПРОТЯЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Ведущий узел

Основное назначение ведущего узла магнитофона — протягивать со строго постоянной скоростью магнитную ленту. ГОСТ 12392-71 установлены следующие номинальные скорости протягивания ленты: 38,1; 19,05; 9,53; 4,76; 2,38 см/с. Ряд номинальных скоростей, приведенный выше, соответствует международным нормам по звукозаписи. В табл. 3 приведены значения скорости магнитной ленты в зависимости от класса магнитофона (ГОСТ 12392-71)

Таблица 3

Параметры	Классы магнитофонов					
	Высший	I	II	III	IV A	IV Б
Обязательные номинальные скорости ленты, см/с	19,05 9,53 и 4,76		19,05 и 9,53 или 9,53 4,76		9,53	4,76
Дополнительные (необязательные) номинальные скорости ленты, см/с	2,38		19,05 4,76 2,38		4,76 2,38	2,38

ЛПМ, как правило, не обеспечивает получение номинальной скорости движения ленты. Возмущения, вносимые различными механическими узлами магнитофона и приводящие к нестабильности линейной скорости ленты, принято характеризовать коэффициентом детонации, который определяется как

$$Д = \frac{\Delta v_{макс}}{v},$$

где $\Delta v_{макс}$ — максимальное отклонение переменной составляющей от номинальной; v — номинальная скорость ленты.

Коэффициент детонации измеряют в процентах. Восприятие детонации чисто субъективно: оно проявляется в виде частотных искажений, таких как «плаванье» звука, «хрипоты» звучания или «дробления» звука. Детонация может быть первого рода, когда частота изменения скорости лежит в пределах до 10 Гц, и второго рода, когда частота колебаний скорости превышает 10 Гц. Медленное изме-

Таблица 4

Параметры		Скорость ленты, см/с	Нормы по классам					
			Высший	I	II	III	IV А	IV Б
Отклонение скорости ленты от номинальной, %, не более		19 и 9	±2					—
		4	±3					±2
Коэффициент детонации, %, не более	С питанием от сети	19	±0,1		±0,2	—	—	
		9	±0,2		±0,3			
		4	±0,3		±0,4			
	С питанием от автономных источников и с универсальным питанием	19	—		±0,3	—	—	
		9	—		±0,4		±0,5	—
		4	—		±0,6		±0,7	±0,5

нение скорости, как правило, вызывается изменением напряжения сети, питающей электродвигатель. Детонация первого рода может вызваться эксцентриситетом медленно вращающихся деталей ЛПМ: подающего и приемного узлов магнитофона, прижимным роликом большого диаметра и т. д. Источником детонации второго рода могут быть быстро вращающиеся детали и узлы ЛПМ: ротор электродвигателя, ведущий вал, обводные, направляющие ролики малого диаметра и т. д.

ГОСТ 12392-71 регламентирует допустимую величину коэффициента детонации в зависимости от класса магнитофона (табл. 4).

Ведущий узел ЛПМ во многом определяет качественные показатели магнитофона и в первую очередь номинальную линейную скорость и коэффициент детонации. Поэтому конструкторской разработке этого узла следует уделить особое внимание.

На рис. 21, *а* показан основной элемент ведущего узла — система ведущий вал — прижимной ролик. Это классический пример фрикционной передачи. Одним из ее недостатков является эффект скольжения, вызывающий в ведомом элементе изменение скорости. На рис. 21 показано положение ленты *2* (ведомый элемент) в ведущем узле. Лента зажата между ведущим валом *3* и прижимным роликом *1*. Так как коэффициент трения между стальным валом и магнитной лентой меньше, чем между лентой и эластичной резиновой поверхностью прижимного ролика, то можно сделать вывод, что линейную скорость ленте в основном сообщает прижимной ролик. Однако, угловая скорость последнего может отличаться от скорости вращения ведущего вала из-за скольжения, возникающего, когда оси вращающихся фрикционных пар непараллельны между собой. Геометрическое скольжение возникает при деформации формы поверхностей, находящихся в контакте друг с другом. Во всех этих случаях за счет разных линейных скоростей отдельных участков поверхности происходит проскальзывание фрикционных пар одна относительно другой. И, естественно, что линейная скорость ленты, ведомой фрикционной парой, может отличаться от линейной скорости образующей ведущего вала. Отрицательно сказываются на стабильности скорости ленты неравномерный износ резины прижимного ролика, неоднородность ее упругих свойств. Все эти факторы заставляют конструктора искать оптимальные решения ведущего узла.

Известны три способа установки прижимного ролика относительно ведущего вала. На рис. 21, *а* показан способ «прижим». Усилие прижима существует только в виде силы Q, направленной по радиусу ролика и вызывающей симметричную деформацию резины прижимного ролика относительно линии контакта с ведущим валом. Непременным условием нормальной работы такой системы является строгая параллельность осей ведущего вала и прижимного ролика.

Характерной особенностью другого расположения прижимного ролика относительно ведущего вала, называемого «заклиниванием» (рис. 21, *б*), является эффект самоустановки оси прижимного ролика (строго параллельно оси ведущего вала) при условии, что ось прижимного ролика имеет некоторую свободу к перемещению. Механизм работы такой системы понятен из рис. 21, *б*. Усилие прижима распадается на две составляющие: радиальную Q_1 и касательную Q_2. Сила Q_2 стремится обкатать прижимной ролик вокруг ведущего вала и тем самым увлекает ось прижимного ролика, ориентируя ее строго параллельно оси вала. В этом одно из положительных свойств установки прижимного ролика на заклинивание, которым широко пользуются. Однако при заклинивании происходит несимметричная относительно линии контакта деформация резины прижимного ролика. В результате этого к ведущему валу прикладывают усилие в 1,5—2 раза больше, чем при способе «прижим». Кроме того, при установке системы ведущий вал — прижимной ролик на заклинивание усилие прижима Q является величиной непостоянной. Оно изменяется: ведущий вал при своем вращении как бы отталкивает прижимной ролик. И сила этого воздействия, направленная от вала, меняется в зависимости от скорости вращения вала и ряда других факторов. А колебание усилия прижима Q сказывается на величине детонации ведущего узла. Поэтому в высококачественных магнитофонах установку прижимного ролика на заклинивание в последнее время не применяют, отдавая предпочтение способу «прижим».

Третий способ установки — «встречное расположение» (рис. 21, *в*). В этом случае сила Q_2 затягивает ролик вращающимся

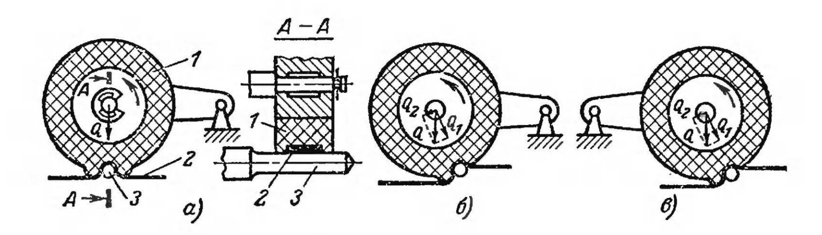


Рис. 21. Взаимодействие прижимного ролика с ведущим валом ЛПМ.

валом, что приводит к большой деформации резины ролика. Появляется неравномерность вращения из-за неоднородности упругих свойств резины. И как результат резко увеличивается коэффициент детонации ведущего узла. Чем угол заклинивания больше, тем значительнее величина детонации.

Явление деформации резины по линии контакта прижимного ролика с ведущим валом требует определенной ориентации ленты, входящей и выходящей из ведущего узла. Надо всегда стремиться к тому, чтобы лента имела как можно меньший контакт с прижимным роликом: идеальным следует считать случай, когда лента касается прижимного ролика только на линии соприкосновения валика и прижимного ролика. Необходимость ограничить площадь контакта прижимного ролика с лентой диктуется не только явлением деформации резины, а связано с тем, что придать резине строго геометрические формы очень трудно, а эллипсность поверхности прижимного ролика даже в небольших пределах (0,1—0,15 мм) вызывает заметную детонацию.

Большое влияние на работу ведущего узла оказывает сила прижима, с которой прижимной ролик давит на ведущий вал. Слабый прижим приводит к тому, что на стабильность скорости ленты влияют боковые узлы ЛПМ. Сильный прижим создает значительное увеличение нагрузки на ведущий вал, что связано с большим расходом мощности электродвигателя. Одновременно с этим увеличивается деформация резины и повышается коэффициент детонации ведущего узла.

Из практики конструирования ЛПМ установлено, что для профессиональных и высококачественных бытовых стационарных магнитофонов с приводом на ведущий вал от электродвигателя мощностью 30—50 Вт усилие Q должно составлять 30—50 кН. Для бытовой аппаратуры более низкого класса, в которой привод на ведущий вал осуществляется от маломощного электродвигателя, усилие прижима Q должно составлять 10—20 кН.

Основной принцип, которому должна удовлетворять конструкция самоустанавливающегося прижимного ролика, заключается в том, что ему обеспечивается свобода перемещения только в плоскости, проходящей через оси ведущего вала и прижимного ролика. Непременным условием хорошей работы является достаточная длина образующей прижимного ролика и минимальное расстояние до оси, вокруг которой совершается перемещение при самоустановке.

Конструкция прижимного ролика приведена на рис. 22, *а*. Эффект самоустановки достигается за счет люфтов в шарикоподшипнике *3*, укреплением строго по центру высоты прижимного ролика *1* распорными кольцами *2*. Однако конструкция не обеспечивает устойчивой работы ведущего узла и ее можно рекомендовать только для простых ЛПМ магнитофонов.

На рис. 22, *б* представлена конструкция прижимного ролика *1*, укрепленного на «плавающей» каретке *5*. Рычаг *7* служит для перемещения прижимного ролика относительно ведущего вала. Сам ролик вращается на оси *4*, укрепленной в каретке *5*. Каретка подвижно закреплена на рычаге *7* в двух точках: хвостовик каретки *5* вставлен в проточку винта *6*, а пружина *8* поджимает каретку к угольнику рычага *7*. Силу прижима можно регулировать винтом *9*. Этот же винт, проходя через отверстие в каретке *5*, препятствует смещению ее в вертикальном направлении. Центр винта *9* и проточка на винте *6* совпадают с высотой осевой линии магнитной ленты. Такое крепление каретки *5* на рычаге *7* дает возможность прижимному ролику устанавливаться строго соосно с ведущим валом во время контакта с ним.

На рис. 22, *в* показана конструкция прижимного ролика кассетного магнитофона. Ролик не имеет устройства для самоустановки. Устойчивая работа механизма обеспечивается тщательностью расточки отверстий для осей *4* и *11* в кронштейне *10* прижимного ролика.

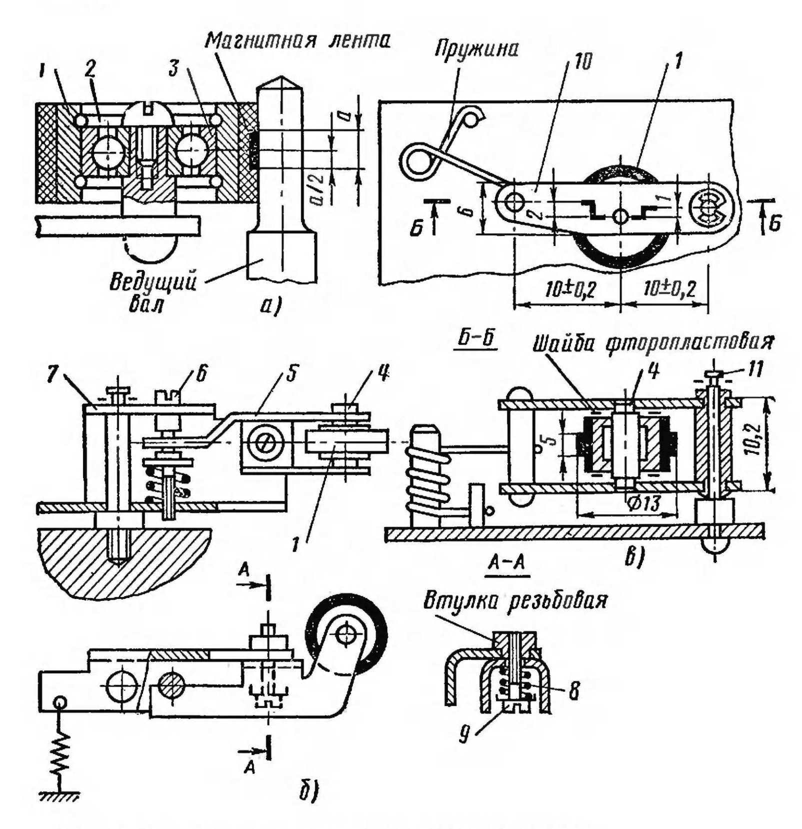


Рис. 22. Конструктивные схемы прижимных роликов.

В высококачественных ЛПМ прижимной ролик выполняется без механизма самоустановки. Такая конструкция требует точной обработки деталей прижимного ролика и тщательной отладки узла в целом. Прижимной ролик выполнен на прецизионных шарикоподшипниках *21* (рис. 23), установленных по скользящей посадке второго класса в металлическую обойму *19*, опрессованную резиной или полиуретаном *13*. Посадочное отверстие в обойме гладкое, без выступов и буртиков. Это облегчает изготовление детали, позволяет

более простыми технологическими приемами добиться высокой точности. В качестве ограничителя для подшипника используется пружинное кольцо *18*, вставленное в проточку на обойме. Глубина проточки равна 1/2 диаметра, а ширина — диаметру проволоки, из которой изготовлено кольцо *18*. Между шарикоподшипниками вставлены распорные кольца *20*. Торцы колец шлифуют за одну установку, чем обеспечивается их одинаковая высота. Крышка *15* тремя винтами *14* закрепляет шарикоподшипники в обойме. Рабочая шейка оси *17* выполнена по скользящей посадке (С) второго класса. Ось расклепана на массивном рычаге *6* прижимного ролика. Под-

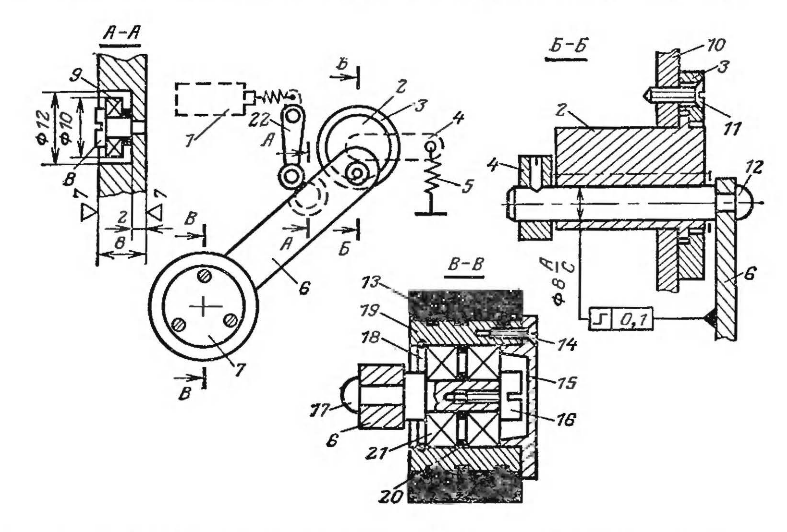


Рис. 23. Узел прижимного ролика профессионального магнитофона.

шипники укреплены на этой оси винтом *16*. При сборке рычага необходимо обеспечить строгую параллельность осей *17* и *12*. Отклонение не должно превышать 0,05 мм. Чтобы добиться столь высокой точности, посадочные отверстия в рычаге *6* под оси *12* и *17* должны быть достаточно длинными (8—10 мм) при диаметре не менее 5—6 мм. Расточку отверстий необходимо производить за одну установку.

Ось *12* рычага прижимного ролика по скользящей посадке второго класса вставлена во втулку *2*. Отверстие под эту ось смещено относительно наружного диаметра втулки *2* на 2—3 мм. Поворачивая втулку *2* в панели ЛПМ *10*, можно изменить положение оси *17* прижимного ролика относительно ведущего вала. Установив прижимной ролик в нужном положении, фланец втулки *2* прижимают с помощью обоймы *3* и трех винтов *11* к панели ЛПМ. Пружина *5* связана с рычагом *4*, застопоренном на оси *12* рычага прижимного ролика. Она отжимает ролик *7* от ведущего вала.

Прижим ролика *7* к ведущему валу производится электромагнитом *1*, воздействующим на рычаг *22* через пружину. На конце рычага укреплен ролик. Такой же ролик *9* установлен с помощью винта *8* на рычаге *6*. Этим значительно снижается трение в месте силового контакта рычагов и уменьшается нагрузка на электромагнит. Одновременно ролики устраняют явление «залипания» системы в момент прекращения давления рычага *22*.

Многие магнитофоны имеют устройство временного стопа, обеспечивающее остановку движения магнитной ленты без полного выключения всего ЛПМ (от ведущего вала отводится прижимной ролик). При конструировании механизма временного стопа необходимо предусмотреть также и затормаживание боковых узлов ЛПМ.

Рабочей поверхностью прижимного ролика обычно является слой эластичной резины марок НО68-1, 98-1, В-14, ВИАМ-106 или полиуретана СКУ-6—СКУ-8. Толщина слоя выбирается в пределах 2—6 мм. Большое внимание должно быть уделено однородности резины. Резина формуется на металлической втулке, являющейся одновременно обоймой для шарикоподшипников или втулкой подшипника скольжения. Материалом втулки служит латунь ЛС 59-1 или бронза БрОФ; БрОЦС; БрАЖ и др. Необходимость применения этих сплавов вызвана лучшим сцеплением резины с ними. Наружный диаметр прижимного ролика в катушечном магнитофоне обычно выбирают в пределах 14—30 мм. Чем больше его диаметр, тем меньшее влияние он оказывает на стабильность движения ленты и тем с меньшей степенью точности его можно изготовить. Допускается эксцентриситет не более 0,02 мм для прижимного ролика диаметром 20—40 мм и не более 0,01 мм для роликов диаметром 12—20 мм.

Высота рабочей части ролика обычно в 1,5—2 раза превышает ширину магнитной ленты. Наружную поверхность резины и ее торцы следует прошлифовать. При этом для улучшения качества шлифовки резину (ролик) охлаждают до температуры ниже —25° С.

Геометрические размеры прижимного ролика оказывают влияние не только на величину детонации, но и во многом определяют компоновку ведущего узла на панели ЛПМ. Чем ближе магнитные головки к ведущему валу магнитофона, тем меньше величина детонации: слабее сказывается неравномерность натяжения ленты, колебание величины растяжения отдельных ее участков. Поэтому в тех случаях, когда можно изготовить прижимной ролик с высокой степенью точности (при эксцентриситете не более 0,01 мм), его диаметр может быть небольшим и ведущий узел возможно расположить в непосредственной близости от магнитных головок.

В последнее время в ЛПМ высокого класса получают распространение *системы, состоящие из двух ведущих узлов*. Они обеспечивают хорошую стабильность скорости ленты в зоне магнитных головок и допускают удаление ведущих узлов от головок на расстояние более 30—40 мм. В этом случае прижимной ролик может быть большего диаметра и при качественном его изготовлении величину детонации в зоне магнитных головок можно значительно уменьшить.

Основным элементом ведущего узла является вал с установленным на него маховиком. По способу установки в подшипниках конструкции ведущего узла разделяются на закрытые, полузакрытые и открытые.

Закрытые конструкции ведущего вала (рис. 24, *а*) обеспечивают наибольшую жесткость узлу. Это объясняется тем, что ведущий вал *4* имеет опоры, разнесенные на достаточно большое расстояние, а тяжелый маховик *9* располагается между этих опор (подшипников). Ведущий узел закрытого типа позволяет применить самые мас-

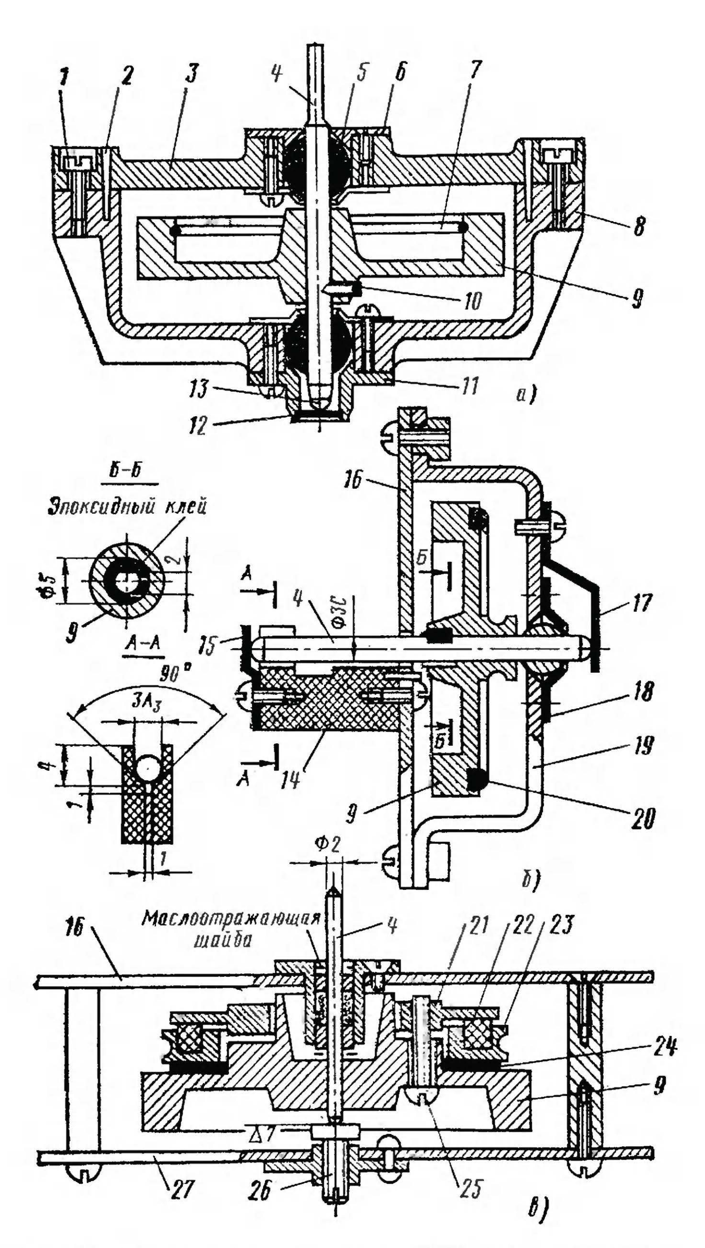


Рис. 24. Конструкции ведущего узла ЛПМ закрытого типа.

сивные маховики (до 3—4 кг). Ввиду большой жесткости конструкции такие узлы обеспечивают высокую точность механизма. Однако изготовление узла такого типа, его ремонт и обслуживание сопряжены с определенными трудностями.

Несущей конструкцией закрытого ведущего узла, как правило, служит литой кронштейн *8* (рис. 24, *а*). Вместе с плитой *3* он образует прочную раму. Для ее обработки детали скрепляют винтами *1* и обязательно штифтуют двумя-тремя штифтами *2* (при последующей работе и сборке штифты обеспечивают точное сопряжение). В собранной раме растачивают отверстия (одно — в кронштейне *8*, второе — в плите *3*) для вкладыша подшипника *5*. Конструкция подшипника может быть различной. Однако в разборных узлах лучше всего применять самоустанавливающиеся подшипники скольжения. Они имеют опорную поверхность в виде сферы. Со стороны маховика шаровые вкладыши опираются на специальные тонкостенные шайбы, укрепленные на кронштейне *8* и плите *3*. Вкладыши зажимаются крышками *6* и *11*. В нижнюю крышку завальцовывают стальную каленую пластинку *12*, принимающую на себя осевое давление ведущего вала *4*. Для снижения трения в подшипнике в ведущий вал *4* запрессовывают стальной каленый шарик *13*. Крепление маховика на оси ведущего вала осуществляют с помощью стопорного винта *10*. Для снижения высокочастотной вибрации тонкостенного маховика можно применить разрезное пружинное кольцо *7*.

Конструкция закрытого ведущего узла с тонким валом приведена на рис. 24, *б*. Чтобы избежать прогибания вала *4* под действием прижимного ролика, рабочая часть вала вращается в опоре *14* люнетного типа. Эта опора изготовляется из полиамидной смолы или фторопласта. Выбор материала опоры обусловлен необходимостью создания минимального трения между люнетообразной опорой и валом. Для того чтобы ролик не упирался в опору в месте касания прижимного ролика к ведущему валу, в ней делается выборка. Для облегчения сборки и регулировки узла нижний подшипник выполнен самоустанавливающимся. Подшипник сферической формы укреплен в конусном отверстии скобы *19* с помощью зажима *18* (плоская пружинная шайба). Ведущий вал *4* на торцах имеет сферическую поверхность, что снижает трение в осевом направлении. К ней прижаты пружины *15* и *17*. Они ограничивают осевое перемещение вала *4*.

Данная конструкция позволяет эксплуатировать ЛПМ как в горизонтальном, так и в вертикальном положении. Скоба *19* крепится к панели *16* ЛПМ. Резиновое кольцо *20* служит для связи маховика с двигателем ЛПМ.

На рис. 24, *в* приведена конструкция ведущего узла закрытого типа для кассетного магнитофона. Так как в кассетном магнитофоне маховик имеет небольшую массу, осевое давление вала невелико. Это позволило упростить подпятник *26*, сделав его из фторопласта. Пара сталь-фторопласт приводит к уменьшению трения в опоре, что положительно сказывается на работе маломощного ЛПМ кассетного магнитофона.

Узел интересен еще и тем, что на маховике *9* смонтирован фрикцион для передачи вращения на боковой узел подмотки. Степень сцепления шкива *23* с маховиком *9* регулируется тремя винтами *25*. Они позволяют изменять силу прижима фланца *21* к фетровому кольцу *22*. Кольцо *24* изготовлено из текстолита. Доступ к винтам *25* открыт со стороны планки *27*. Узел, показанный на рис, 24, *а*, функ-

ционально законченный и его принято называть независимым. Узлы на рис. 29, *б* и *в* — зависимые. В них в качестве деталей конструкции входит панель ЛПМ (деталь *16*).

Как видно из рис. 24, ведущий узел закрытой конструкции не только требует высокой точности изготовления и сборки, но и создает ряд трудностей при передаче вращения от маховика на боковые узлы ЛПМ. Установка или замена пассика нуждается в разборке узла, что вызывает и необходимость разборки механизма. Поэтому передача вращения от таких узлов чаще всего осуществляется фрикционными роликами.

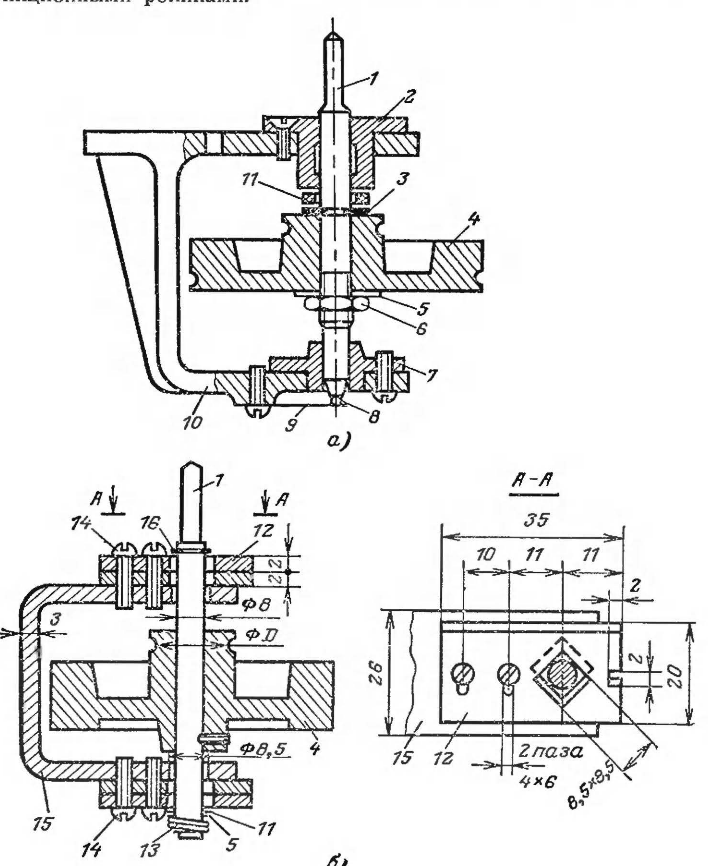


Рис. 25. Конструкции ведущего узла ЛПМ полузакрытого типа.

а — кронштейн с подшипниками скольжения; *б* — кронштейн с регулируемыми подшипниками люнетного типа; *1* — ведущий вал; *2* — подшипник; *3* — запорная шайба; *4* — маховик; *5* — шайба; *6* — гайка; *7* — подшипник; *8* — опорный шарик; *9* — опорная пластина; *10* — литой кронштейн; *11* — фторопластовая шайба; *12* — латунная пластина; *13* — запорная пружина; *14* — винт; *15* — жесткая скоба; *16* — запорная шайба.

Более удобен в эксплуатации *ведущий узел полузакрытого типа* (рис. 25). Его основанием может служить литой кронштейн (рис. 25, *а*) или достаточно жесткая скоба (рис. 25, *б*). Опоры ведущего вала (подшипники) укреплены на концах кронштейна (скобы). Такая конструкция обладает меньшей жесткостью, чем закрытая. Поэтому в полузакрытых узлах не рекомендуется применять маховики с массой больше 2,5 кг. В технологическом отношении такой узел мало чем отличается от узла закрытого типа. Он также требует высокоточной обработки деталей. Система ведущий вал — маховик должна быть сборно-разборной. В противном случае вал невоз-

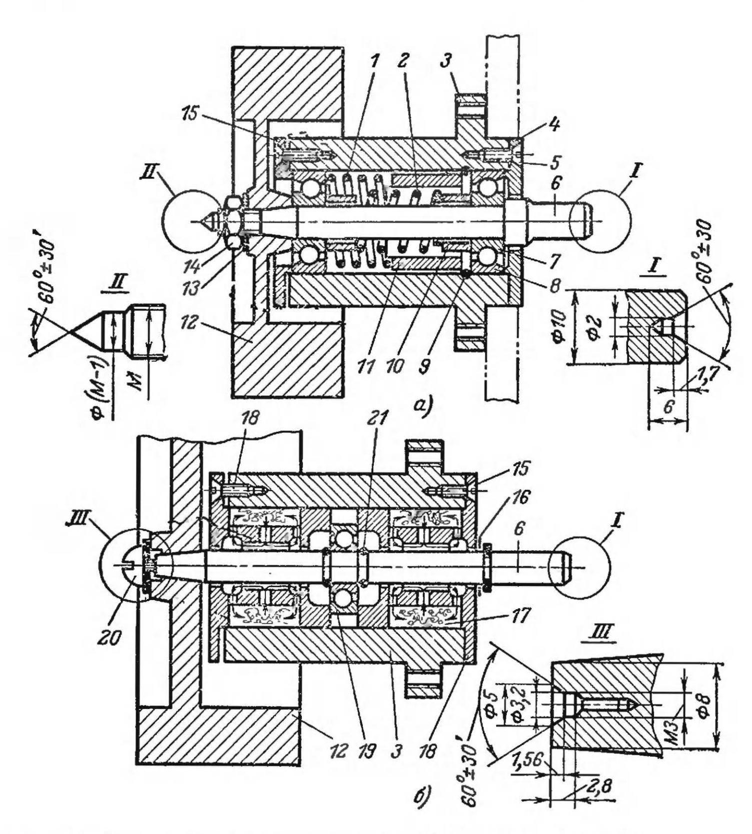


Рис. 26. Конструкция ведущего узла ЛПМ открытого типа.

а — независимый ведущий узел на упорных подшипниках; *б* — независимый ведущий узел на подшипниках скольжения с жидкостным трением; *1* — пружина; *2* — пружина; *3* — обойма с фланцем; *4* — верхняя крышка; *5* — винт; *6* — ведущий вал; *7* — упорный подшипник (внутренняя обойма); *8* — упорный подшипник (внешняя обойма); *9* — запорное кольцо; *10* — втулка; *11* — втулка распорная; *12* — маховик; *13* — шайба; *14* — гайка; *15* — нижняя крышка; *16* — маслозащитная фторопластовая шайба; *17* — вата; *18* — крышка; *19* — шарикоподшипник; *20* — винт; *21* — запорное кольцо.

можно установить в кронштейн. В узле закрытого типа кронштейн можно выполнить составным, а в узле полузакрытого типа его лучше всего изготовлять в виде одной детали: для обеспечения требуемой жесткости конструкции.

Одним из главных достоинств ведущего узла полузакрытого типа является возможность работы не только с фрикционными роликами, но и с пассиками. Для этого необходимо соответствующим образом ориентировать на панели ЛПМ место крепления кронштейна (скобы) ведущего узла, что позволит производить установку или смену пассика без разборки узла.

Наиболее универсален *ведущий узел открытого типа* (рис. 26). С одной стороны, он допускает работу с пассиками независимо от направления на сопрягаемые шкивы — маховик открыт со всех сторон, а с другой, — дает возможность применять неразъемное соединение ведущего вала с маховиком. Ведущие узлы открытого типа могут иметь очень простую опору, изготовленную в виде втулки с фланцем. В отверстие втулки по посадке *Д* устанавливается вал.

Однако такая простейшая система может быть использована в магнитофонах невысокого класса, так как в них в связи с меньшей механической жесткостью нецелесообразно применять маховики с массой более 1,5—2 кг.

При проектировании ЛПМ магнитофона часто возникает вопрос: какой тип ведущего узла лучше использовать в разрабатываемой конструкции. Ответ может быть получен только после детального изучения тех условий, которые стоят перед конструктором. Если в его распоряжении имеется достаточно мощный электродвигатель, не обладающий стабильностью оборотов, то ЛПМ должен иметь массивный маховик. В этом случае предпочтение надо отдать конструкции закрытого типа. Большая мощность электродвигателя, кроме того, допускает использовать фрикционную передачу, имеющую меньший коэффициент полезного действия, чем пассиковая передача.

Наличие маломощного ведущего электродвигателя требует применения системы пассиковых передач, что определяет применение полузакрытой или открытой конструкции этого узла.

Валы и втулки

Коэффициент детонации ведущего узла во многом определяется конструкцией и качеством изготовления ведущего вала и его подшипников. При этом немаловажная роль отводится специальным технологическим приемам обработки вала, несоблюдение которых приводит к резкому увеличению этого коэффициента.

Диаметр рабочей части ведущего вала и число его оборотов определяют номинальную линейную скорость ленты. Этот диаметр без учета толщины ленты можно определять по формуле

$$d = 60v/\pi n,$$

где d — рабочий диаметр ведущей оси; v — скорость ленты; n — число оборотов ведущей оси.

По возможности следует делать рабочий диаметр ведущего вала как можно больше, так как при этом меньше сказываются погрешности изготовления на значение коэффициента детонации. Зависимость допустимого эксцентриситета ведущего вала от его диаметра и класса аппаратуры представлена в табл. 5.

Таблица 5

Диаметр рабочей части ведущего вала, мм	Значение эксцентриситета в зависимости от класса аппаратуры, мм		
	Высший	I и II	III и IV
3—5	0,002	0,003	0,005
5—10	0,003	0,005	0,01
10—20	0,005	0,01	0,02

Кроме увеличения коэффициента детонации в ведущем узле при малых диаметрах рабочей части ведущего вала увеличивается его угловая скорость. Это повышает износ подшипников вала, что крайне нежелательно. Чем меньше диаметр вала, тем он больше подвержен явлению остаточной деформации под действием усилия со стороны прижимного ролика и тем больше проскальзывание ленты.

С увеличением диаметра рабочей части вала требуется увеличивать момент инерции маховика для снижения влияния нестабильности работы остальных кинематических звеньев ЛПМ.

Существуют различные *конструкции ведущего вала* (рис. 27). Лучшим следует признать *гладкий вал 1* (рис. 27, *а*), у которого диаметр рабочей части и посадочные места для подшипников одинаковы. Такой вал легко обработать с одной установки без переналадки режущего инструмента, что позволяет получить достаточно малые значения эксцентриситета. Если вал должен иметь упорный буртик для подшипника, то в проточку гладкого вала вставляют шлифованное упорное кольцо *2* из стали марки 65 Г.

Ведущему валу необходимо иметь технологические центры, которые нужны не только для его изготовления, но и для сборки, регулировки и контроля. Без них ремонт впоследствии значительно усложнится.

Если вал имеет *ступенчатую форму* (рис. 27, *б*), то не следует делать переходы с одного диаметра на другой с острой кромкой. При закалке вала в местах перехода возникают напряжения материала, приводящие к деформации. Чтобы этого избежать, ступенчатые переходы на валу рекомендуется оформлять радиусами (рис. 27, *б*).

Большое значение имеет величина диаметра вала, находящегося в контакте с подшипниками скольжения. Из формулы

$$M_{тр} = FD/2,$$

где $M_{тр}$ — момент трогания; F — сила трения в подшипниках скольжения; D — диаметр шейки вала (в подшипнике скольжения), видно, что чем больше диаметр шейки D, тем больше момент трогания вала. Это имеет существенное значение для портативных магнитофонов, где мощность электродвигателя ограничена и все усилия должны быть направлены на снижение трения в различных вращающихся механизмах. Такого результата можно добиться уменьшением диаметра шейки вала, вращающейся в подшипнике скольжения. Однако такое решение допустимо до определенных пределов, так как тонкий вал становится чувствительным к механическим нагрузкам и под их воздействием начинает деформироваться.

Сохранить жесткость вала и снизить потери на трение в подшипниках скольжения можно, уменьшая площадь контакта между валом и подшипником путем специальной проточки на валу (рис. 27, *б*), но лучше произвести проточку в подшипнике (рис. 24, *в*). Практически достаточно соотношение между длиной шейки l и ее диаметром D выполнять в такой зависимости: для системы вал — самоустанавливающийся подшипник скольжения $l \geqslant 3D$; для системы вал — несамоустанавливающийся подшипник скольжения $l \geqslant D$.

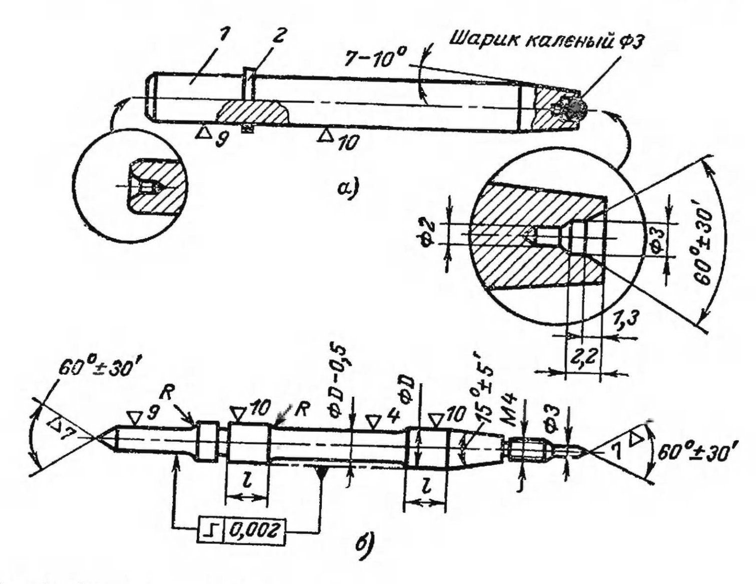


Рис. 27. Конструкции ведущего вала.

Наружный диаметр шейки вала, предназначенного для работы в паре с подшипником скольжения, должен выполняться по посадке $Д$ или $Д_1$.

Конструируя ведущий узел, необходимо продумать способ установки на вал маховика. На валу со стороны посадки маховика обязательно нужно сделать фаску, еще лучше — конус (рис. 27, *а*). При этом облегчается не только установка маховика, но и сборка всего узла.

Материалом для вала могут служить стали марок 9ХС, ХВГ, 2Х13, нержавеющие немагнитные Х18Н9Т или Х18Н10. Ведущий вал (в заготовке) необходимо подвергнуть закалке: стали 9ХС, ХВГ — до значений $HR_c = 58 \div 62$, нержавеющие стали — $HR_c = 28 \div 32$. После этого производят шлифовку вала (рабочую часть до чистоты $\nabla 9$, опорные шейки $\nabla 10$). Недопустима механическая полировка вала, так как она приводит к искажению геометрической формы поверхности. В последнее время ряд зарубежных фирм рекомендуют подвергать рабочую поверхность тонкой дробеструйной обработке. Утверждается, что при высоте микронеровностей от 0,5 до 1 мкм и при их числе

от $3 \cdot 10^5$ до $1{,}5 \cdot 10^6$ на 1 см^2 значительно улучшаются условия сцепления магнитной ленты и прижимного ролика с ведущим валом и практически устраняется явление проскальзывания. Увеличение высоты микронеровностей больше 1 мкм приводит к повышенному износу прижимного ролика и ленты. Эффективно матирование ведущего вала в маломощных ЛПМ: из-за лучшего сцепления вала с лентой появляется возможность ослабить усилие прижимного ролика и тем самым снизить нагрузки на ЛПМ.

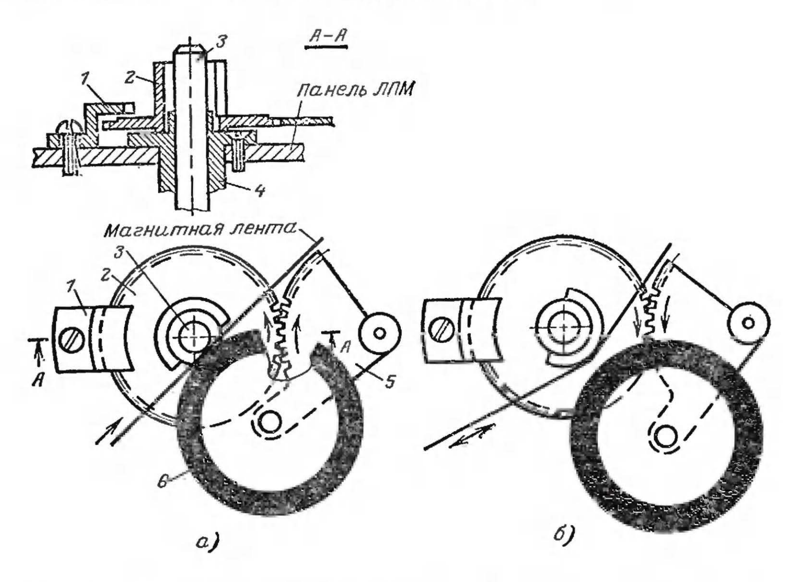


Рис. 28. Защита ведущего вала от истирания при перемотке магнитной ленты.

При конструировании ЛПМ следует обеспечить отвод ленты от ведущего вала при перемотках. Для этой цели применяют различные устройства. Одно из них показано на рис. 28. На шейку подшипника *4* ведущего вала *3* надета латунная хромированная предохранительная втулка *2* с прорезью. Лапка *1* служит ограничителем осевого перемещения втулки *2*, имеющей зубчатый венец, связанный с сектором *5* на рычаге прижимного ролика *6*. В рабочем режиме прижимной ролик подводится к ведущему валу и своим зубчатым сектором разворачивает предохранительную втулку *2* так, что паз в ней оказывается против прижимного ролика. В этом положении лента ложится на вал и прижимается к нему роликом *6* (рис. 28, *а*). При отводе прижимного ролика *6* от ведущего вала *3* сектор *5* поворачивает втулку *2* (рис. 28, *б*) и лента переводится на поверхность предохранительной втулки. Таким образом осуществляется перемотка ленты и заправка ее в ЛПМ.

В ЛПМ магнитофонов широко используются подшипники. В тех случаях, если на вал передаются значительные радиальные

усилия, следует применять *шарикоподшипники (радиальные или радиально-упорные)*. Они отличаются большим сроком службы, отпадает надобность в подпятнике, упрощается эксплуатация узла. В качестве примера рассмотрим устройство ведущего узла высококачественного магнитофона (рис. 26, *а*).

Внутреннее отверстие в обойме *3* расточено по диаметру наружного кольца *8* радиально-упорного шарикоподшипника. Расточка отверстия в обойме под подшипник производятся по посадке $П_1$ (в системе вала). В обойме *3* сделана проточка, куда установлено запорное пружинное кольцо *9*. Глубина проточки на 0,2—0,3 мм больше половины, а ширина равна диаметру проволоки кольца *9*. Наружное кольцо *8* шарикоподшипника зажимается между запорным пружинным кольцом *9* и верхней крышкой *4*. На ведущий вал *6* по посадке *Д* надето внутреннее кольцо *7* радиально-упорного шарикоподшипника.

Аналогично собран радиально-упорный подшипник с противоположного конца вала. Отличие состоит в том, что этому подшипнику за счет пружин *1* и *2* придана некоторая подвижность в осевом направлении, что позволило обеспечить безлюфтовую конструкцию узла, реализуемую следующим образом.

Маховик *12* насаживается на конусную часть вала *6* и закрепляется гайкой *14*. Торец шейки маховика упирается во внутреннее кольцо подшипника. С другой стороны на это кольцо воздействует очень сильная пружина *2*. Наружное кольцо этого шарикоподшипника мощной пружиной *1* поджимается к шарикам подшипника, выбирая малейший люфт.

Такая конструкция полностью устраняет осевое перемещение вала независимо от положения панели ЛПМ и может быть с успехом применена в вертикально стоящих магнитофонах и в ЛПМ с горизонтальным расположением панели.

Пример использования в ЛПМ радиальных шарикоподшипников показан на рис. 22, *а*. Крепление подшипников аналогично описанному выше (см. рис. 23).

Кроме того, в ЛПМ магнитофона применяются *прецизионные шарикоподшипники* легких серий классов А, СА, С. Однако, несмотря на тщательный отбор, в силу конструктивных особенностей и из-за несоблюдения допусков на посадочные размеры на осях и валах подшипники качения могут стать источником дополнительной детонации и шума. Это ограничивает их применение в ЛПМ магнитофонов.

Большой плавностью хода и бесшумностью в работе отличаются узлы, выполненные на *подшипниках скольжения*. Но при больших радиальных нагрузках, имеющих место в узле ведущего вала (давление прижимного ролика и привода движущего механизма), довольно быстро разрабатывается втулка такого подшипника и он оказывается недолговечным. Появившиеся в результате износа зазоры ухудшают параметры магнитофона в целом.

Чтобы избежать частой замены подшипников скольжения в узле ведущего вала можно рекомендовать заменить сухое трение в подшипнике жидкостным. На рис. 26, *б* показана конструкция ведущего узла высококачественного магнитофона, в котором используются *подшипники скольжения с жидкостным трением*.

Вал *6* вращается во втулках *18*, изготовленных из бронзы БрАЖ или БрОФ. Отверстие под вал растачивается по второму классу точности. Между втулкой *18* и обоймой *3* расположен гиг-

Таблица 6

№ шарико-подшипника	Размеры, мм (см. рис. 29)								
	d_1	d_2	d_3	d_4	D	b_1	b_2	b_3	l
1 000 092	2А	3	4,5	0,8	6С	2,5	1,5	1	2,3
1 000 092	2А	3	4,5	0,8	6С	2	1,2	1	2,3
А2 000 083	3А	4	5,5	0,8	7С	2,5	1,5	1	3,3
А2 000 083	3А	4	5,5	0,8	7С	3	1,5	1	3,3
23	3А	4	7	1—1,5	10С	4	2	1	3,3
А1 000 094	4А	5,5	8	1,5	11С	4	2	1	4,5
24	4А	5,5	9	1,5	13С	5	3	1,3	4,5
25	5А	6,3	11	1,5	16С	5	3	1,3	5,5

роскопический материал *17* (вата, тонкошерстяной фетр), пропитанный трансформаторным или аналогичным маслом (веретенным, машинным). Во втулке *18* имеется ряд отверстий, через которые благодаря капиллярности гигроскопического материала масло попадает в зазор между валом *6* и втулкой *18*. При вращении вала эта смазка отбрасывается в специальные полости у краев втулки *18* и по каналам возвращается в полость, заполненную гигроскопическим материалом (на рис. 26, *б* стрелками показан ток смазки во втулке). Благодаря особой конструкции втулки *18* циркуляция масла в подшипнике происходит практически без потерь. При этом шейка вала обильно смачивается маслом, обеспечивающим жидкостное трение. Масляная пленка демпфирует вибрацию вала, благодаря чему система работает совершенно бесшумно. Подшипники скольжения с жидкостным трением обладают исключительно высокой надежностью и долговечностью в работе.

В ведущем узле (рис. 26, *б*) установлены два подшипника скольжения. Они воспринимают радиальную нагрузку на вал в узле. Роль подпятника выполняет радиальный шарикоподшипник *19*. Его положение на валу *6* зафиксировано запорными кольцами *21*. Наружное кольцо шарикоподшипника *19* зажато торцами втулок *18*.

Такой ведущий узел по качественным показателям не уступает узлу с радиально-упорными шарикоподшипниками (рис. 26, *а*) и обеспечивает безлюфтовую посадку вала, позволяет эксплуатировать магнитофон как в горизонтальном, так и в вертикальном положении.

Упрощенный вариант подшипника скольжения с жидкостным трением показан на рис. 29. Втулка устанавливается непосредственно в гнездо, расточенное для шарикоподшипника, чем обеспечивается полная взаимозаменяемость подшипника качения на подшипник скольжения с жидкостным трением. В табл. 6 приведены конструктивные размеры втулки и номера заменяемых шарикоподшипников.

На рис. 25, *б* показан очень простой регулируемый подшипник скольжения, основными преимуществами которого являются простота изготовления и возможность регулировки зазора между подшипником и валом в процессе эксплуатации.

Роль втулки подшипника выполняют две бронзовые или латунные пластины *12*, имеющие прямоугольное отверстие для вала *1* и два паза для крепления пластин на скобе *15*. Путем смещения пластин относительно друг друга можно легко добиться безлюфтовой посадки вала. В этом положении пластины *12* жестко крепятся на скобе *15* двумя винтами *14* (М4×8). Скоба *15* имеет две такие «втулки», разнесенные на расстояние 40—50 мм друг от друга. Вал *1* касается отверстия во «втулке» в четырех точках. Образующийся в этих местах зазор в результате износа пластин *12* устраняют путем периодического сдвига этих пластин. Разумеется, при этом необходимо отпустить винты *14*, а после регулировки — снова их затянуть.

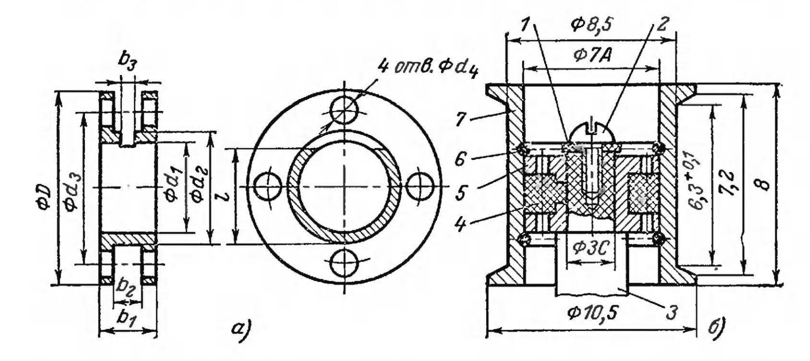


Рис. 29. Конструкция подшипника скольжения с жидкостным трением.

а — втулка подшипника, бронза; *б* — направляющий ролик; *1* — фторопластовая шайба; *2* — винт М2×4; *3* — ось, сталь; *4* — вата; *5* — втулка; *6* — запорное кольцо; *7* — направляющий ролик.

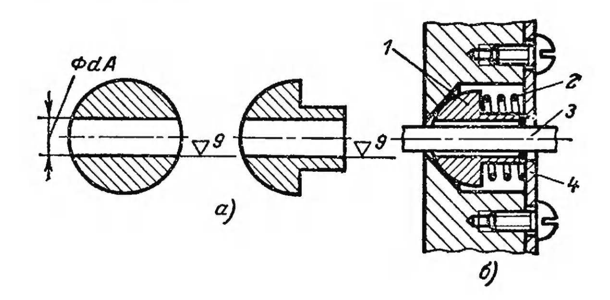


Рис. 30. Самоустанавливающиеся подшипники скольжения.

1 — бронзовый подшипник; *2* — пружина; *3* — вал; *4* — крышка.

Такая конструкция может быть применена в ЛПМ простых магнитофонов в качестве подшипников ведущего вала, в подающем и приемном узлах и т. д.

Большое распространение в ЛПМ находят самоустанавливающиеся подшипники скольжения со сферической наружной поверхностью (рис. 30 *а*). Один из вариантов установки такого подшипника в гнездо показан на рис. 30, *б*.

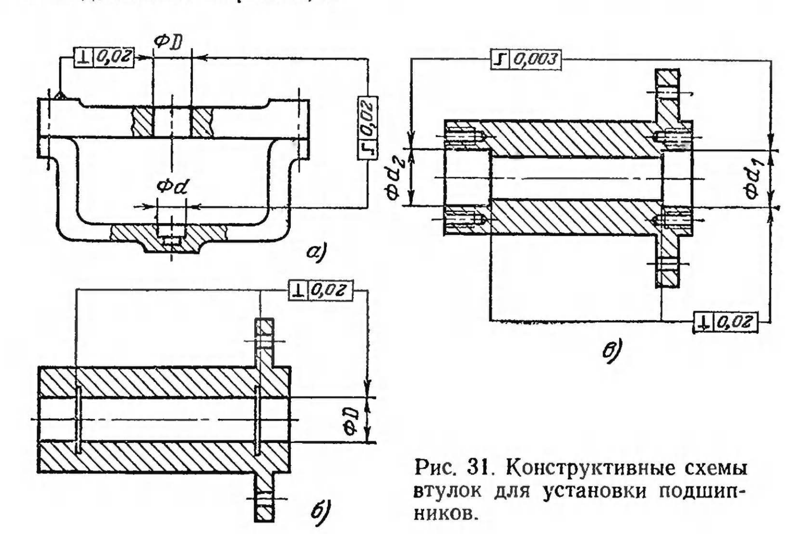


Рис. 31. Конструктивные схемы втулок для установки подшипников.

В качестве материала для подшипника скольжения применяются бронзы БрКМц3-1, БрАЖ, БрОФ, бронзографит, железографит. Внутренний диаметр подшипника скольжения должен быть обработан с чистотой не ниже ∇9. Чистота обработки существенно влияет на срок службы подшипника.

На рис. 31 даны примеры обработки кронштейнов и обойм под подшипники ведущих валов ЛПМ. Высокие требования к соосности, перпендикулярности расточек и опорных поверхностей диктуются необходимостью обеспечения сопряжений с большой степенью точности подшипников с ведущим валом.

С технологической точки зрения наименее сложным является изготовление кронштейна со сквозной расточкой (рис. 31, *б*), которая может быть произведена за одну установку детали в станке. Подшипник фиксируется в таком кронштейне за счет распорных колец, устанавливаемых в проточки втулки. Также за одну установку может быть расточен кронштейн закрытого типа, у которого глухое отверстие d меньше или равно входному D (рис. 31, *а*). Наибольшую трудность представляет кронштейн с глухой расточкой (рис. 31, *в*), изготовление которого связано с двумя установками на станке.

Большое значение для обеспечения требуемой жесткости ведущего вала имеет величина опорной поверхности кронштейна. В рабочем положении вал испытывает значительные радиальные на-

грузки со стороны прижимного ролика и привода движущего механизма. Эти нагрузки создают опрокидывающий момент, который при малой опорной поверхности кронштейна в направлении действия этого момента может привести к отклонению оси вала в рабочем режиме от нормального положения. Поэтому предпочтение следует отдавать конструкциям кронштейнов, имеющим развитую опорную поверхность, ориентированную в соответствии с действием опрокидывающего момента.

При расчете маховика главная задача заключается в достижении наилучшего стабилизирующего эффекта при наименьшей массе и размере маховика. Стабилизирующее действие маховика зависит от его момента инерции: чем он больше, тем лучшей стабилизацией обладает данный маховик.

Момент инерции $J_м$ для случая круглого сплошного цилиндра может быть выражен так:

$$J_м = MD^2/8,$$

где M — масса маховика; D — наружный диаметр маховика.

Как видно из этой формулы, стабилизирующие свойства маховика зависят от его размера и массы. При этом чем дальше от оси вынесена масса, тем больше момент инерции маховика. Масса, расположенная у оси вращения, практически не влияет на момент инерции. В бытовых магнитофонах диаметр маховика выполняют, как правило, от 60 до 120 мм при массе от 0,3 до 1,6 кг. Величина радиальных и торцевых биений маховика, выточенного из целого куска металла, не должна превышать 0,002 мм для магнитофонов высшего класса и 0,01 мм для магнитофонов второго — четвертого классов. При этом отпадает надобность в сложной операции по балансировке. Ступица маховика, служащая для крепления его на оси ведущего узла, имеет посадочную длину не менее трех диаметров оси в месте сочленения.

Большое внимание следует уделить соединению маховика с ведущим валом. Неразъемное соединение осуществляется путем напрессовки маховика на вал, после чего все рабочие поверхности окончательно обрабатывают. Однако такое соединение можно осуществить лишь для конструкций открытого типа либо при разборных кронштейнах. Если конструкция кронштейна неразборная, то посадка маховика на ведущий вал должна допускать возможность разборки. Нежелательна несимметричная фиксация маховика на валу с помощью стопорных винтов или штифтов. Усилия стопорения должны быть симметричны и, как правило, их направление должно совпадать с осью вращения маховика (см. рис. 25, *а* и 26). Посадочное отверстие в маховике обычно выполняют по системе вала (посадка T, T_1).

Заслуживает внимания способ крепления маховика на ведущем валу эпоксидным клеем ЭП-5, ЭП-6 и др. (см. рис. 24, *б*). Посадочное отверстие с одного торца растачивают на 1—2 мм, а на валу против этой расточки делают лыску. Образовавшуюся полость заполняют эпоксидным клеем или эпоксидным компаундом и дают отвердеть в течение нескольких часов. Такое крепление маховика особенно удобно на тонких валах. Однако им можно воспользоваться для неразъемной посадки маховика на вал любой конструкции и размеров. При использовании массивных маховиков поверхность отверстия под заливку делают шероховатой. Хорошие результаты можно достигнуть фрезеровкой пазов, расположенных симметрично оси маховика. Пазы улучшают сцепление компаунда или клея с маховиком и валом при больших моментах инерции.

Материалом для маховика может служить сталь 20, 45 или нержавеющие сплавы 4Х13 и др. Простые стали необходимо защищать антикоррозийным покрытием, а рабочие поверхности обработать до чистоты ∇8. Если маховик окончательно обрабатывается после установки на ведущем валу, то подвергать узел антикоррозийному покрытию нельзя. В этом случае маховик должен изготавливаться из нержавеющей стали или латуни. Некоторые радиолюбители применяют в качестве материала для маховиков алюминиевые сплавы. Надо помнить, что геометрические размеры ведущих узлов с такими маховиками получаются значительно большими. Кроме того, алюминиевые сплавы обладают неприятным свойством: в фрикционных передачах происходит быстрое «засаливание» поверхности эластичных роликов, что приводит к изменению параметров передачи. Анодирование алюминиевых сплавов устраняет это явление.

Стабилизирующее действие маховика не избавляет ведущий узел от детонации, вызванной биением или другими дефектами ведущего вала или прижимного ролика. Поэтому высокие требования к качеству изготовления должны быть предъявлены всем деталям.

Кроме стабилизации оборотов ведущего вала маховик выполняет функции передаточного звена ЛПМ. Для передачи вращающего момента на ведущий вал на маховике выполняют специальную проточку с приводным диаметром D (см. рис. 25, *б*). Чем меньше приводной диаметр, тем меньше сказываются различные возмущающие факторы на стабильность вращения ведущего вала. Однако решающим при выборе приводного диаметра является расчет передаточного отношения для получения номинальной скорости движения ленты.

Подающие и приемные узлы

Подающий и приемный узлы ЛПМ магнитофонов предназначены для подмотки магнитной ленты, ее натяжения (режим «запись — воспроизведение»), перемотки (режим «ускоренных перемоток»), остановки ленты (режим «стоп»). В связи с многообразием выполняемых функций к этим узлам относятся системы слежения и регулировки степени натяжения магнитной ленты, тормозные устройства и механизмы передачи вращения от электродвигателя или маховика ЛПМ.

В большинстве конструкций ЛПМ подающий и приемный узлы очень похожи. Они должны отвечать следующим техническим требованиям:

1. Создавать постоянное натяжение магнитной ленты в любом режиме работы ЛПМ вне зависимости от количества ленты на подающем и приемном узлах.

2. Обеспечивать плотную, ровную намотку магнитной ленты независимо от режима работы ЛПМ.

3. Обеспечивать быстрый разгон подающего и приемного узлов в режиме перемотки.

4. При работе создавать минимальную вибрацию и акустические шумы.

5. Обеспечивать синхронное торможение подающего и приемного узлов, исключающее растяжение или обрыв магнитной ленты.

6. Обеспечивать надежное и быстросъемное крепление на ЛПМ кассет или катушек с магнитной лентой.

В настоящее время наиболее широкое распространение получили магнитная лента шириной 6,25 мм, намотанная на катушку, и магнитная лента шириной 3,81 мм, заключенная в кассету. В связи с этим существенно отличаются и конструкции приемных и подающих узлов ЛПМ, предназначенных для работы с соответствующей магнитной лентой (прежде всего касается устройства фиксации).

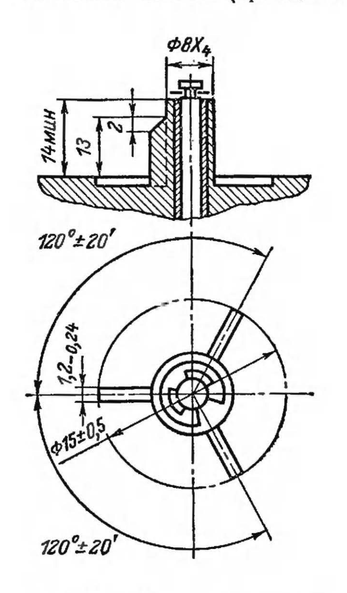


Рис. 32. Конструкция подкатушника.

Приемные и подающие узлы катушечного магнитофона имеют *фланец*, на цилиндрическую ось которого надевается катушка с магнитной лентой. От проворота катушка фиксируется тремя ребрами на фланце, входящими в соответствующие пазы на ней. Посадочные размеры такого фланца приведены на рис. 32. В некоторых простейших механизмах этих узлов вместо трех ребер изготовляется только одно или на фланце просто укрепляется штифт.

Такая простейшая конструкция фланца не обеспечивает надежного крепления на нем катушки с лентой в переносных магнитофонах и в аппаратах, предназначенных для работы в вертикальном положении. В портативных магнитофонах III—IV классов часто используют в качестве фиксатора (рис. 33, *а*) катушки на фланце *2* пружинную проволоку *1*. Конструкция проста, но не всегда эффективна. Во-первых, крепление пружины *1* не всегда оказывается достаточно прочным. Во-вторых, со временем сказывается остаточная деформация фиксатора и его давление на ступицу катушки ослабевает и, наконец, главный фактор, исключающий применение такой конструкции в высококачественной аппаратуре: пружина *1* не позволяет центрировать катушку на фланце *2* подающего и приемного узлов. Более того, за счет неизбежных зазоров между отверстием в ступице катушки и осью фланца пружина сдвигает катушку от оси вращения, вызывая дополнительный эксцентриситет в этом узле.

Некоторые зарубежные фирмы и отечественные предприятия в качестве фиксатора катушки на оси приемного и подающего узлов используют специальную резиновую заглушку *3* (рис. 33, *б*). Механизм ее действия и размеры показаны на рисунке. За счет эластичного торцового края заглушка плотно прижимает катушку *4* с лентой к фланцу *2* узла. Однако эта система тоже имеет недостатки. Заглушка — деталь съемная. Во время эксплуатации ее можно

потерять. Кроме того, от частого надевания на ось фланца изнашивается центральное отверстие — эластичные ребра, охватывающие ось фланца. Прочность крепления снижается и заглушка перестает выполнять свои функции.

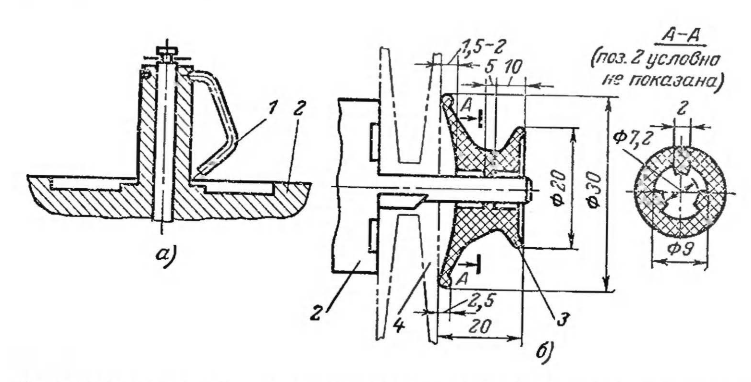


Рис. 33. Способы фиксации катушки с магнитной лентой на подкатушнике.

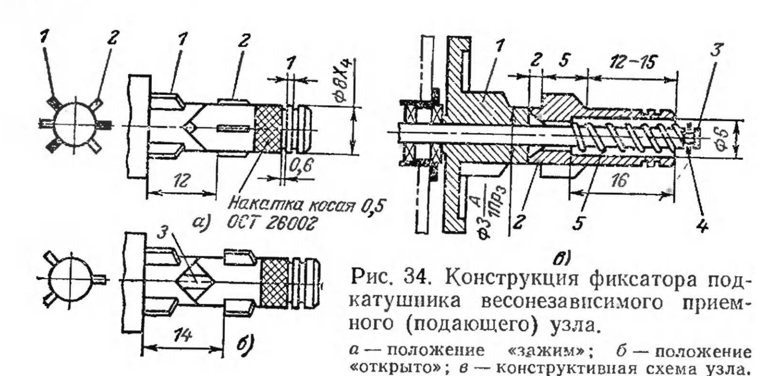


Рис. 34. Конструкция фиксатора подкатушника весонезависимого приемного (подающего) узла.

а — положение «зажим»; *б* — положение «открыто»; *в* — конструктивная схема узла.

Более надежным фиксатором для катушечных магнитофонов является конструкция, показанная на рис. 34. Втулка с ребрами, на которую надевается катушка, делается составной. Верхняя подвижная часть ее — зажим *2* — подпружинена и может передвигаться в осевом направлении и поворачиваться вокруг оси *3*. Фиксируется зажим *2* от проворота за счет косых срезов на торце фланца *1* и на своем торце, ограничение перемещения осуществляется за счет фторопластовой шайбы *4*.

Устройство работает следующим образом. Подвижную часть зажима *2* перемещают по оси *3* в направлении от фланца и фиксируют в положении, в котором ребра на зажиме и на фланце находятся в одних плоскостях. При этом катушка с лентой свободно ложится на фланец. Далее снимают зажим с фиксирующих пазов, и под действи-

ем пружины 5 он прижимает своими ребрами катушку к фланцу узла. Для удобства работы с зажимом 2 в верхней его части делается накатка. В качестве материала для деталей зажима следует применять сталь (калить $HR_c = 40 \div 48$). Это связано с тем, что фиксаторы подвергаются интенсивному износу. Закалка повышает прочность деталей.

Подающий и приемный узлы кассетного магнитофона имеют фланец, существенно отличающийся от аналогичного узла катушечного

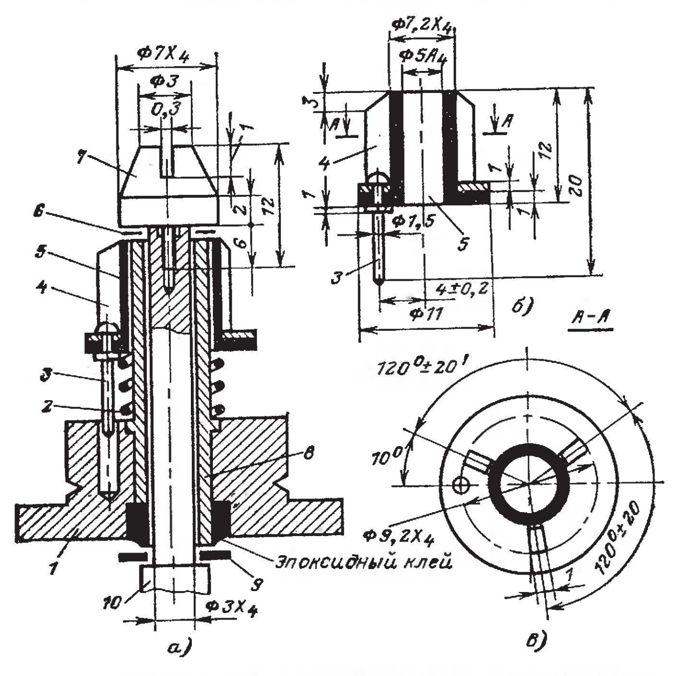


Рис. 35. Конструкция подкатушника кассетного магнитофона.

магнитофона. Конструкция фланца, предназначенного для работы с компакт-кассетой, показана на рис. 35. Основное отличие узла от описанных выше состоит в том, что зацепление бобышки с лентой в компакт-кассете и фланца *1* происходит за счет подпружиненной втулки *5* с ребрами *4*. «Плавающая» конструкция стыковочного узла обусловлена тем, что при установке компакт-кассеты в ЛПМ не видно ориентации ведущих ребер *4* на фланце и таких же ребер на бобышках кассеты (см. рис. 6). В случае несовпадения стыкующихся поверхностей подпружиненная втулка опускается под действием кассеты. Начиная вращаться вместе с фланцем *1* (от поворота на фланце втулку предохраняет штырь *3*), втулка правильно ориентируется по бобышке кассеты и, не встречая сопротивления со стороны ребер бобышки, под воздействием пружины *2* устанавливается в рабочее положение — входит в отверстие в бобышке с лентой.

На рис. 35 приведена конструкция фланца, который может быть изготовлен без специальной технологической оснастки (пресс-форм, штампов). Такую конструкцию можно осуществить в любительских ЛПМ. Дело в том, что в подающем и приемном узлах кассетного магнитофона известные трудности вызывает изготовление «плавающей» втулки *5*. Это тонкостенная деталь должна иметь три небольших ребра. Для упрощения технологии выполнения ребер узел разделен на две детали — втулку с буртиком и венчик с ребрами. Венчик надет на втулку и соединяется с ней штырем *3*. Ребра венчика плотно охватывают внешний цилиндр втулки. Втулка с венчиком свободно перемещается вдоль основания бокового узла *8*, вращающегося на оси *10*. Для ограничения перемещения основания служат фторопластовые шайбы *6* и *9*. Ограничения перемещения втулки с венчиком вдоль основания под действием пружины *2* осуществляются с помощью винта *7*. Пружина изготовляется из проволоки К1 Ø 0,3—0,4 мм. Расстояние между витками в свободном состоянии 2—3 мм. Внутренний диаметр пружины 5,5 мм.

Для достижения плотной намотки магнитной ленты механизм подающего и приемного узлов должен обеспечивать трансформацию постоянной угловой скорости в изменяемую в зависимости от количества ленты на катушке.

В профессиональных ЛПМ эта задача решается путем использования для приводного механизма подающего и приемного узлов специальных электродвигателей, обладающих мягкой характеристикой. В этих конструкциях фланец приемного (подающего) узла непосредственно укреплен на электродвигателе вместе с тормозным барабаном. Такие электродвигатели почти полностью избавляют от необходимости применения дополнительных конструктивных элементов приемного (подающего) узлов. За счет изменения питающего напряжения можно наилучшим образом обеспечить любой режим работы узла.

Постоянства натяжения магнитной ленты в таких конструкциях можно достичь несколькими способами. Работа большинства систем основана на принципе измерения силы натяжения магнитной ленты. Сигналы от датчика натяжения, установленного на пути движения ленты, изменяют вращающий (тормозной) момент приемного (подающего) узла. Схема системы содержит рычажной датчик натяжения, укрепленный на оси переменного резистора с достаточно малым моментом трения. В зависимости от степени натяжения ленты изменяется уровень управляющего сигнала, снимаемого с движка резистора и подаваемого на соответствующий усилитель, питающий электродвигатель. В простейшем виде устройство может состоять из переменного резистора, включенного в цепь питания электродвигателя.

Аналогично работает система слежения за натяжением ленты, показанная на рис. 36, *а*. Она состоит из датчика — рычага *2* с направляющей стойкой, по которой проходит магнитная лента *1*. В зависимости от натяжения ленты рычаг, соединенный с пружиной *3*, изменяет свое положение. На рычаге укреплена светонепроницаемая пластинка *4*, перемещающаяся между источником света *6* и фоторезистором *5*. В зависимости от угла поворота рычага *2* изменяется степень освещенности фоторезистора *5*, а следовательно, и его сопротивление. Фоторезистор включен в диагональ моста (рис. 36, *б*), оказывая управляющее воздействие на транзистор T_1. Уменьшение сопротивления фоторезистора R_1 приводит к увеличению тока базы транзистора T_1 и к уменьшению сопротивления участка эмиттер — коллектор. Последнее обстоятельство вызывает увеличение постоян-

ного тока в диагонали моста, состоящего из диодов $Д_1$—$Д_4$. При этом увеличивается ток через асинхронный электродвигатель M_1 с мягкой характеристикой.

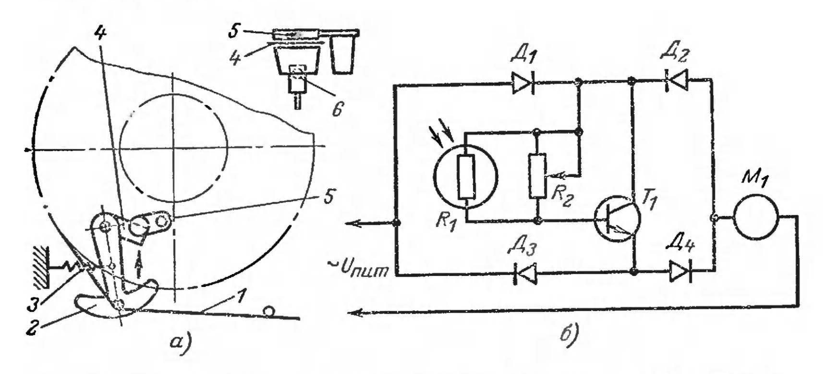


Рис. 36. Система автоматического регулирования натяжения ленты.

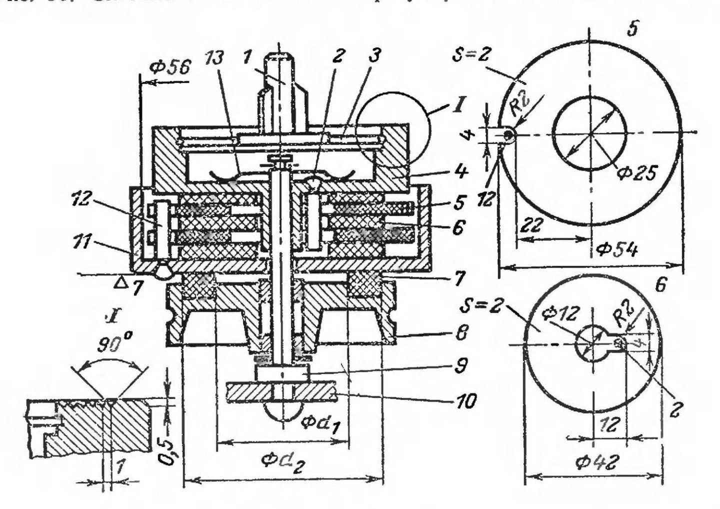


Рис. 37. Конструкция фрикционной муфты приемного (подающего) узла.

Уменьшение освещенности фоторезистора R_1 приводит к уменьшению тока в цепи электродвигателя M_1. Изменение тока приемного (подающего) узла приводит к изменению момента на валу бокового узла, что сказывается на степени натяжения магнитной ленты. Заметим, что в данной схеме транзистор необходимо выбирать как по величине допустимого тока коллектора, так и по максимальному значению напряжения коллектор — эмиттер.

Системы с автоматическим регулированием (САР) момента на валу двигателя приемного (подающего) узла широко применяются в профессиональной аппаратуре. Они требуют специальных электродвигателей, не всегда доступных радиолюбителям. Поэтому остановимся на конструкциях приемных и подающих узлов, нашедших широкое распространение в бытовой аппаратуре.

Необходимым элементом приемного (подающего) узла является *фрикционная муфта*. Рассмотрим работу весочувствительной муфты такого узла (рис. 37). Она состоит из ведущей части — шкива *8*, и ведомой — полумуфты *11*. Между ними расположено фетровое кольцо *7*, вклеенное в специальную проточку на шкиве *8* и являющееся элементом связи. Шкив и полумуфта вращаются на оси *9*, укрепленной на панели ЛПМ *10*. Вращающий момент на шкив *8* передается от ведущего узла магнитофона или от отдельного электродвигателя.

Узел предназначен только для ЛПМ с горизонтальным расположением панели.

Между ведущей и ведомой частью приемного (подающего) узла действует сила трения $F_{тр}$, которую можно представить следующим образом:

$$F_{тр} = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + F_n)\mu,$$

где Q_1 — масса всех деталей, составляющих ведомую часть муфты; Q_2 — масса пустой катушки для магнитной ленты; Q_3 — масса магнитной ленты; F_n — сила давления пружины фрикциона; μ — коэффициент трения между фетровым кольцом и полумуфтой фрикциона.

Как видно из формулы, сила трения зависит от количества магнитной ленты на приемном (подающем) узле, ибо все остальные составляющие остаются постоянными для конкретной конструкции. С увеличением количества ленты на катушке возрастает масса и сила трения $F_{тр}$ в фрикционе. Уменьшение веса ленты при сматывании ее с узла приводит к уменьшению силы трения в фрикционе.

Известно, что вращающий момент, передаваемый фрикционной муфтой с одной трущейся поверхностью, равен:

$$M_{вр} \approx F_{тр}(r_1 + r_2)/2,$$

где r_1 и r_2 — соответственно внешний и внутренний радиусы фетрового кольца.

Зная величину $M_{вр}$, легко найти силу натяжения магнитной ленты, создаваемую фрикционной муфтой узла:

$$F_н = \frac{M_{вр}}{r_л} = \frac{\mu (Q_1 + Q_2 + Q_3 + F_n)\frac{r_1 + r_2}{2}}{r_л},$$

где $r_л$ — радиус намотки магнитной ленты в катушке, лежащей на узле.

При определенном соотношении Q_1, Q_2 и F_n можно создать фрикционную весочувствительную муфту приемного (подающего) узла, обеспечивающего постоянство натяжения магнитной ленты.

На практике это достичь довольно сложно из-за разного веса пустых катушек Q_2 и изменяющегося со временем коэффициента трения μ. Все это препятствует созданию весочувствительной фрикционной муфты, надежно обеспечивающей постоянство натяжения ленты.

Поэтому на практике такие простые весочувствительные узлы применяются только в магнитофонах невысокого класса. Даже в аппаратуре IV класса в настоящее время стремятся создавать более стабильные системы натяжения ленты.

На рис. 38 показана конструкция весонезависимой фрикционной муфты приемного (подающего) узла. Фланец *6* и полумуфта *4* неподвижно укреплены на оси *10*. Ось вращается в подшипниках втулки *5*. Детали *4* и *6* закреплены таким образом, что в узле полностью исключен осевой люфт. Ведущий шкив *2* вращается на оси *10*. Пло-

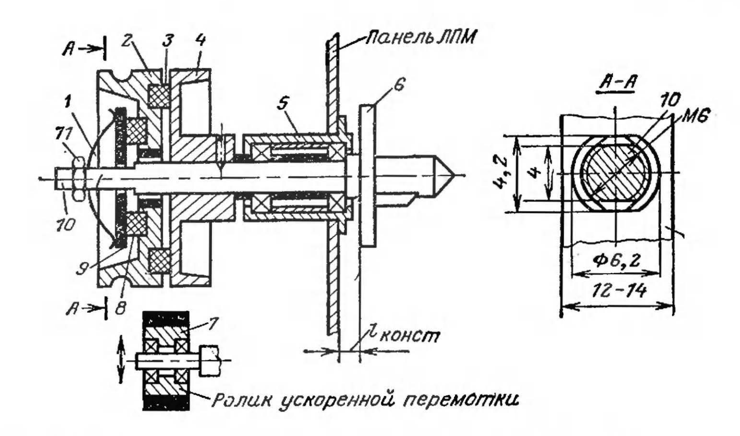


Рис. 38. Конструкция весонезависимой фрикционной муфты.

ская пружина *1* поджимает шкив *2* к полумуфте *4*. Между пружиной *1* и шкивом *2* расположены шайба *9* и фетровое кольцо *8*. Аналогичное кольцо *3* вклеено в проточку шкива *2*. Сила трения в фрикционной паре узла целиком определяется усилием пружины *1*, которое можно изменять в достаточно широких пределах поворотом гайки *11*. Регулировку величины фрикционной связи производят только в остановленном механизме.

Жесткую связь между полумуфтой *4* и ведущим шкивом *2* можно осуществить за счет применения обрезиненного ролика *7*. В режиме перемотки ролик прижимается к наружным бортам деталей *2* и *4*, обеспечивая достаточно жесткую связь между ними. Однако для этого необходимо, чтобы наружные диаметры шкива *2* и полумуфты *4* были одинаковы и имели минимальный относительный эксцентриситет. Кроме того, ширина пояска контакта с роликом на каждой из этих деталей должна быть достаточной для надежного сцепления с обрезиненным роликом. Усилие прижима требуется достаточно большим, и оно направлено радиально к оси *10*. Это приводит к значительному изгибающему моменту и повышенному износу подшипников во втулке *5*.

Весонезависимая муфта кассетного магнитофона показана на рис. 39.

Ведущая и ведомые части муфты (шкив *13* и полумуфта *6*, на которой установлены плавающий фиксатор *4* и пружина *5*) вра-

щаются на неподвижной оси *11*. Усилие фрикционной связи и, следовательно, вращающий момент можно изменять во время рабочего хода механизма. Ограничение осевого перемещения полумуфты *6* на оси *11* выполнено за счет уступа на этой оси и запорной гайки *1*. Фторопластовые шайбы *2*, *3* и *12* снижают потери на трение в опорных торцевых поверхностях и одновременно выбирают осевой люфт.

Ведущий шкив *13* легко вращается на оси *11*. В осевом направлении он с одной стороны ограничен педалью *10*, а с другой — легкой пружиной *14*. Кроме того, перемещение шкива *13* в сторону по-

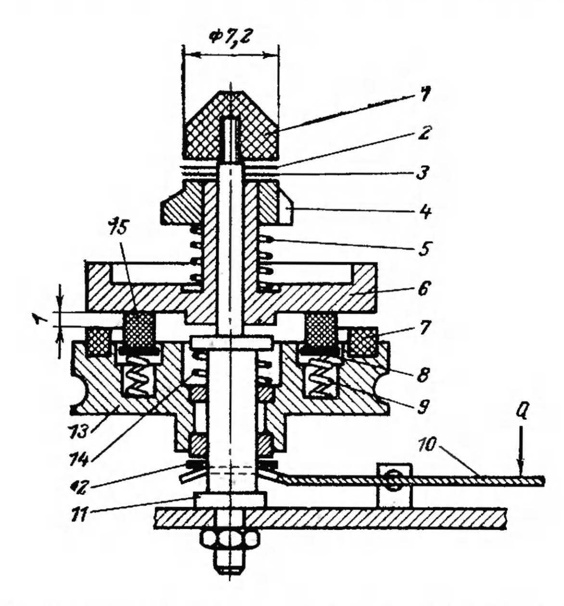


Рис. 39. Конструкция подающего (приемного) узла кассетного магнитофона.

лумуфты *6* ограничено фетровым кольцом *15*, установленным на подпружиненном (тремя пружинами *9*) кольце *8*. От проворота на шкиве *13* кольцо *8* предохраняется фиксирующими штырями (на рисунке не показаны). Ближе к наружному диаметру шкива в специальную проточку вклеено полиуретановое или резиновое кольцо *7*.

Установка фетрового кольца на «плавающую» платформу позволяет создать постоянную силу трения, несмотря на неоднородность структуры фетра, неодинаковую его упругость в различных участках кольца и избавиться от необходимости подрегулировки системы из-за износа фетра. Все это автоматически решается введением «плавающей» подпружиненной платформы.

Наличие пружины *14* необходимо лишь в узле ЛПМ, предназначенном для работы в любых положениях. Для обеспечения работы этого узла в перевернутом положении усилие пружины должно быть равно массе шкива *13*.

Конструкция бокового весонезависимого узла катушечного магнитофона, приведенная на рис. 40, во многом повторяет рассмотренный узел кассетного ЛПМ. Основное различие — в способе приложения усилия фрикционной связи. Давление педали на пятку ведущего шкива уменьшает потери на трение и, таким образом, создает меньшую нагрузку на электродвигатель ЛПМ. Это существенно в конструкциях портативных магнитофонов, где применяются электродвигатели ограниченной мощности. В приемном (подающем) узле катушечного магнитофона можно применить «плавающую» конструкцию фрикциона.

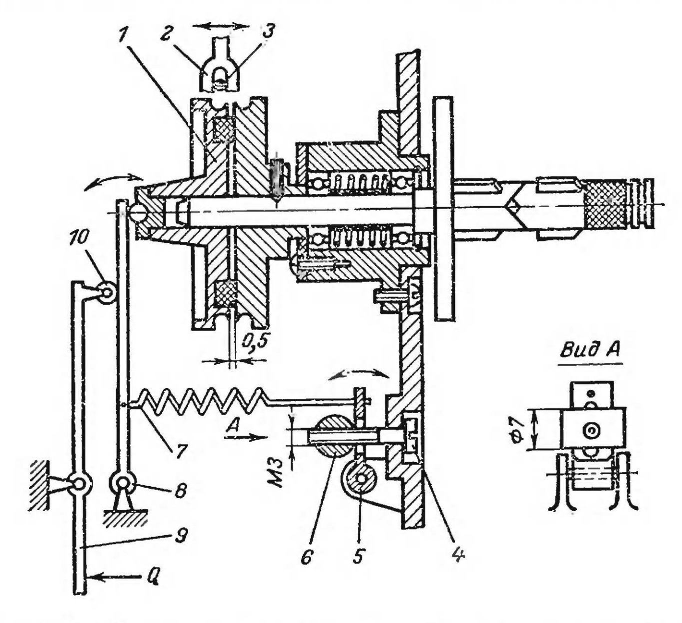


Рис. 40. Управление фрикционной муфтой весонезависимого приемного (подающего) узла.

1 — ведущий шкив; *2* — специальная вилка; *3* — приводной пассик; *4* — винт регулировки силы фрикционной связи полумуфт; *5* — рычажок натяжной; *6* — бобышка с резьбой; *7* — пружина; *8* — педаль; *9* — рычаг; *10* — ролик.

Приемный (подающий) узел ЛПМ работает также в режимах ускоренной перемотки. При этом желательно полностью исключить проскальзывание ведущей и ведомой частей фрикциона относительно друг друга.

Система с переброской приводного пассика создает меньшие нагрузки на механизм приемного (подающего) узла в режиме ускоренной перемотки в отличие от указанной на рис. 38. Специальная вилка, установленная со стороны набегания пассика на боковой узел, перекидывает пассик с канавки ведущего шкива в канавку полумуфты, непосредственно связывая ее с электродвигателем (или ведущим узлом). Такая система работает достаточно надежно. Однако для ее реализации требуется применение эластичных резиновых пассиков круглого сечения, которые по ряду параметров уступают нерастяжимым плоским лавсановым пассикам, применение которых в ЛПМ предпочтительнее.

По-иному осуществляется в режиме ускоренной перемотки жесткая связь в фрикционе приемного (подающего) узла, конструкция которого приведена на рис. 39. При нажатии на педаль *10* шкив *13* поджимается к полумуфте *6* до тех пор, пока в контакт с ней не войдет полиуретановое (резиновое) кольцо *7*. За счет большей силы трения между полиуретаном (резиной) и металлом, чем между фетром и металлом, обеспечивается жесткая связь полумуфты со шкивом.

Заметим, что при включении приемного (подающего) узла на перемотку возникает большое усилие, прикладываемое к неподвижной магнитной ленте, что может привести к ее растяжению, нередко и к обрыву.

В связи с этим в магнитофонах, рассчитанных на использование катушки большого размера с применением тонкой или особо тонкой магнитной ленты, в конструкцию приемного и подающего узлов вводят специальный механизм — *предохранительную фрикционную муфту* (см. рис. 37), ограничивающую максимальное усилие. Как видно из рисунка, ведомая часть узла, на котором установлен подкатушечник *1* с помощью запорной шайбы *3*, представляет фрикционную муфту. Она составлена из чередующихся друг с другом текстолитовых шайб (детали *5* и *6*), между поверхностями которых находится кремнеорганическая смазка. Шайбы *6* штырем *2* связаны с фланцем *4*, а шайбы *5* штырем *12* соединены с полумуфтой *11*. Момент, передаваемый такой муфтой, регулируется пружиной *13* таким образом, чтобы при резко возрастающих нагрузках на фланец *4* последний проворачивался относительно полумуфты *11*. Конструкция надежно предохраняет магнитную ленту от растяжения и обрыва в момент пуска ЛПМ.

Натяжение ленты при сматывании ее с приемного (подающего) узла может быть достигнуто несколькими способами. Самый простейший — подтормаживание фланца теми же тормозными системами, которыми осуществляется остановка механизма в режиме «Стоп». Только при этом усилие, прилагаемое к тормозам, должно быть значительно ослаблено по сравнению с усилием, необходимым для остановки механизма.

Торможение ЛПМ достигается применением специальных тормозных устройств. Наиболее простой *колодочный тормоз* (рис. 41, *а*) создает достаточно жесткое торможение, зависящее от материала фрикционной пары и усилия *Q*, создаваемого пружиной *4*. Заметим, что фетровая прослойка *3* на тормозной колодке *2*, подвижно установленной на рычаге *1*, смягчает торможение; кожа или фрикционит делает торможение полужестким, а резина — жестким.

Более мягкой характеристикой торможения обладает *роликовый тормоз* (рис. 41, *б*). Подтормаживающий момент в нем создается за счет деформации резины ролика *6*. В такой конструкции меньше износ фрикционных пар.

Эти оба вида тормозных устройств создают большие радиальные нагрузки, приводящие к быстрому износу подшипников приемного (подающего) узла. Кроме того, такие системы не могут эффективно работать при значительных вращающих моментах. От этих

недостатков в определенной степени свободны ленточные тормоза (рис. 41, *в*). Тормозной барабан *5* (всегда располагается на ведомой части узла, имеющей прямой контакт с катушкой и лентой) охвачен тонкой (0,1—0,3 мм) лентой *7* из пружинной стали марок 1ПС, 65Г или бронзы КМц3-1, БрОФ. В качестве фрикционного материала используется фетр или фрикционит.

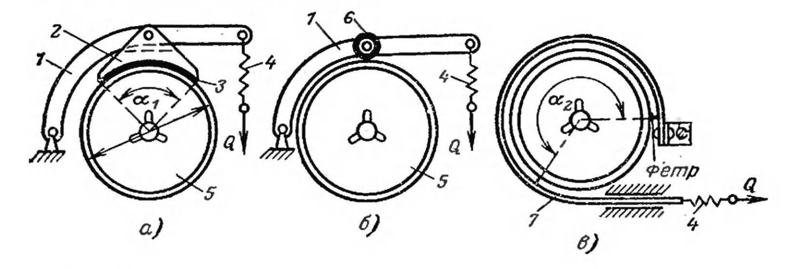


Рис. 41. Тормозные устройства.

Рассмотренные варианты приемных и подающих узлов, отличаясь простотой конструкции тормозных устройств, имеют один общий недостаток: усилие натяжения ленты, создаваемое ими, зависит от количества ленты на катушке, так как с уменьшением диаметра рулона на подающей катушке натяжение ленты возрастает. Это приводит к растяжению ленты, изменению величины проскальзывания ленты в ведущем узле из-за переменного значения сопротивления усилию протягивания и т. д. Результатом этого является возникновение различного рода детонаций.

В простейших ЛПМ приходится мириться с этим явлением, если, конечно, величина детонации не превышает допустимого предела. В высококачественных ЛПМ, особенно предназначенных для работы в магнитофонах высшего класса, конструкции приемных и подающих узлов имеют *устройства автоматической регулировки* (САР) *подтормаживающего усилия*, обеспечивающее постоянство натяжения магнитной ленты.

Примером весьма эффективной САР натяжения ленты в фрикционном узле может служить конструкция, приведенная на рис. 42. Ведомый фланец *1* подающего узла охвачен капроновым шнуром *2* (⌀ 1,5—2 мм), выполняющим роль ленточного тормоза. Один конец шнура пружиной *3* соединен с подвижной планкой *4*. Второй конец укреплен на рычаге *6* датчика натяжения ленты. На противоположном конце этого рычага установлена направляющая колонка *8*, по которой скользит магнитная лента, сматывающаяся с катушки. Пружина *5* создает предварительное натяжение шнура *3*, воздействуя на измерительное плечо рычага *6*.

Работает эта система следующим образом. Магнитная лента *7*, проходя по колонке *8*, отклоняет рычаг *6*. Угол отклонения пропорционален натяжению ленты на участке подающий узел — ведущий вал. При повороте рычага *6* происходит изменение натяжения капронового шнура *2*, который с большей или меньшей силой охватывает барабан фланца *1*. Возникающее при этом изменение тормозного усилия приводит к изменению тормозящего момента на подающем

узле, что влияет на натяжение магнитной ленты. Как видно из рис. 42, расположение конструктивных элементов САР натяжения ленты выбрано таким, что при увеличении натяжения магнитной ленты измерительный конец рычага *6* отклоняется вправо, ослабляя капроновый шнур *3*. А это приводит к уменьшению натяжения ленты, что в свою очередь перемещает измерительный конец рычага *6*

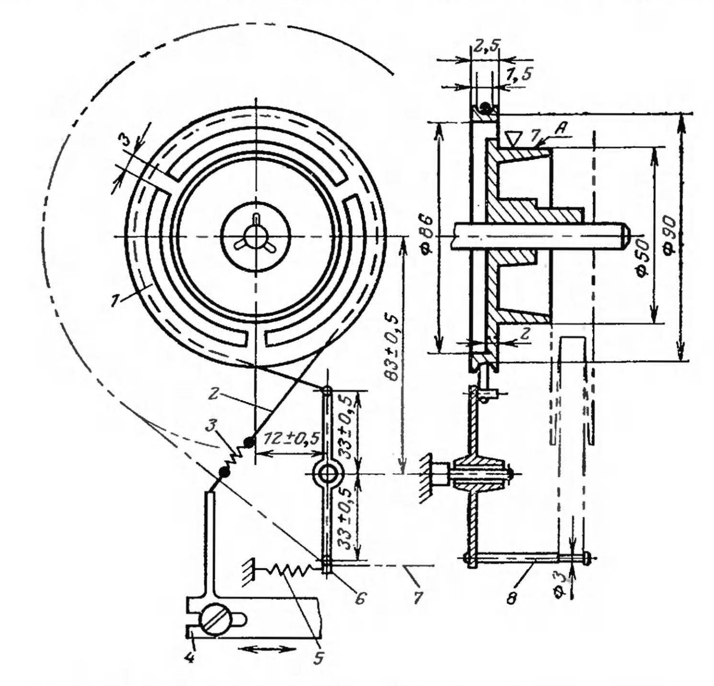


Рис. 42. Механическая система автоматического регулирования натяжения магнитной ленты.

влево (под воздействием пружины *5*), увеличивая тормозной момент на фланце *1* подающего узла. Таким образом, величина натяжения ленты устанавливается на выбранном значении, зависящем от усилия пружин *5* и *3*.

Так как тормозной момент, создаваемый капроновым шнуром *2*, невелик, необходимо иметь большую площадь контакта шнура и обода фланца *1*. Поэтому рабочую часть фланца выполняют достаточно большого диаметра, а шнур укладывается в специальную проточку. Поверхность *А* на фланце *1* служит тормозным барабаном для тормоза подающего узла, управляемого клавишей «стоп». Применяя достаточно большие размеры фланца для тормоза САР натяжения ленты, необходимо позаботиться о том, чтобы это не привело к значительному увеличению вращающейся массы фланца. Ее можно снизить за счет всевозможных проточек или фрезеровкой окон.

Описанная САР натяжения магнитной ленты работает в том случае, когда данный узел выполняет функции подающего. В узле, выполняющем функции приемного, система должна быть отключена. Это достигается смещением планки *4* вправо. К ней крепится пружина *3*, и сдвиг планки вправо ослабляет натяжение капронового шнура *2*.

Конструкция другого механизма, обеспечивающего автоматическую стабилизацию натяжения ленты независимо от функции узла, приведена на рис. 43.

В рассматриваемом механизме поддержание постоянства натяжения магнитной ленты осуществляется за счет изменения усилия фрикционной связи между ведущим шкивом и ведомой полумуфтой. Изменение усилия происходит под воздействием измерительного рычага на педаль, связанную с подпятником ведущего шкива. В качестве подающего (приемного) узла, работающего с такой САР натяжения ленты, может быть использована конструкция, показанная на рис. 40.

Рис. 43. Конструктивная схема приемного (подающего) узла с универсальной системой автоматического регулирования натяжения магнитной ленты.

1 — опора педали; *2* — педаль; *3* — измерительный рычаг; *4* — фетровое кольцо; *5* — фланец; *6* — катушка с лентой; *7* — панель ЛПМ; *8* — ведомая полумуфта; *9* — ведущий шкив; *10* — контргайка регулировочного винта; *11* — регулировочный винт; *12* — плоская пружина; *13* — пружина; *14* — магнитная лента; *15* — направляющая стойка измерительного рычага.

В кассетном магнитофоне такой узел может быть решен с применением фрикционных конструкций, которые рассматривались выше. Как правило, кассетные ЛПМ не содержат САР натяжения ленты, так как длина ленты в кассете ограничена.

Высококачественный катушечный магнитофон, предназначенный для работы с тонкими лентами, должен обязательно иметь САР натяжения ленты, хотя она весьма усложняет конструкцию приемного (подающего) узла. В радиолюбительских условиях эту задачу можно решить путем изготовления *электромагнитной муфты* в подающем (приемном) узле. Такие муфты весьма стабильны в работе, обладают высокой надежностью, легко и просто регулируются, допускают дистанционное управление. Примером применения электромагнитной муфты, изготовленной в радиолюбительских условиях, может служить конструкция, изображенная на рис. 44. Полная деталировка этого подающего (приемного) узла с электромагнитной муфтой приведена на рис. 45.

Она состоит из катушки *9* с намотанным на нее проводом ПЭВ-2 диаметром 0,23 мм, заключенной в стальной стакан *10*. На оси *14* вращается стальной диск *7* с фетровой прокладкой *8*, являющийся продолжением магнитопровода электромагнитной системы. Между диском *7* и бронзовой втулкой *1* стакана *10* установлена фторопластовая шайба *2*. Она создает определенный минимальный зазор между диском *7* и стаканом *10* и в то же время уменьшает трение

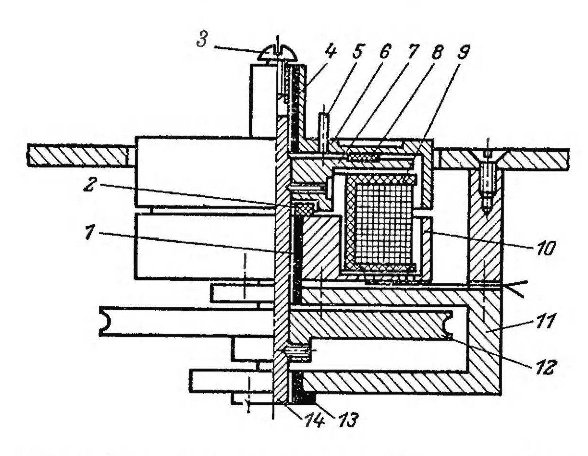


Рис. 44. Фрикционная электромагнитная муфта приемного (подающего) узла.

в опоре. Такие же шайбы установлены на торцах шкива *12* (на рисунке не показаны). Ось *14* с винтом *3*, ограничивающим перемещение фланца *6* (изготовленного из магнитомягкой стали) в вертикальной плоскости, свободно вращается во втулке *13*, установленной на кронштейне *11*. В этот фланец запрессована бронзовая втулка *4*. Расклепанный в отверстии фланца штырь *5* исключает проворот катушки с магнитной лентой.

При подаче в обмотку катушки *9* постоянного тока фланец *6* начинает плотнее прижиматься к фетровому кольцу *8*, усиливая фрикционную связь с вращающимся диском *7*. Вращение передается на диск от шкива *12*, связанного приводом с ведущим узлом или отдельным электродвигателем. Чем больше ток в обмотке, тем жестче связь диска *7* с фланцем *6*.

Изменяя напряжение (ток) питания обмотки электромагнита, можно достаточно просто производить подбор величины фрикционной связи фланца и не только регулировать степень натяжения ленты, но и осуществлять жесткое сцепление, необходимое в режиме ускоренной перемотки. Муфта достаточно универсальна и может быть использована как в приемном, так и в подающем узлах ЛПМ.

Однако в рассмотренной конструкции со временем изнашивается фетровое кольцо *8* и ухудшаются основные параметры муфты. Этот

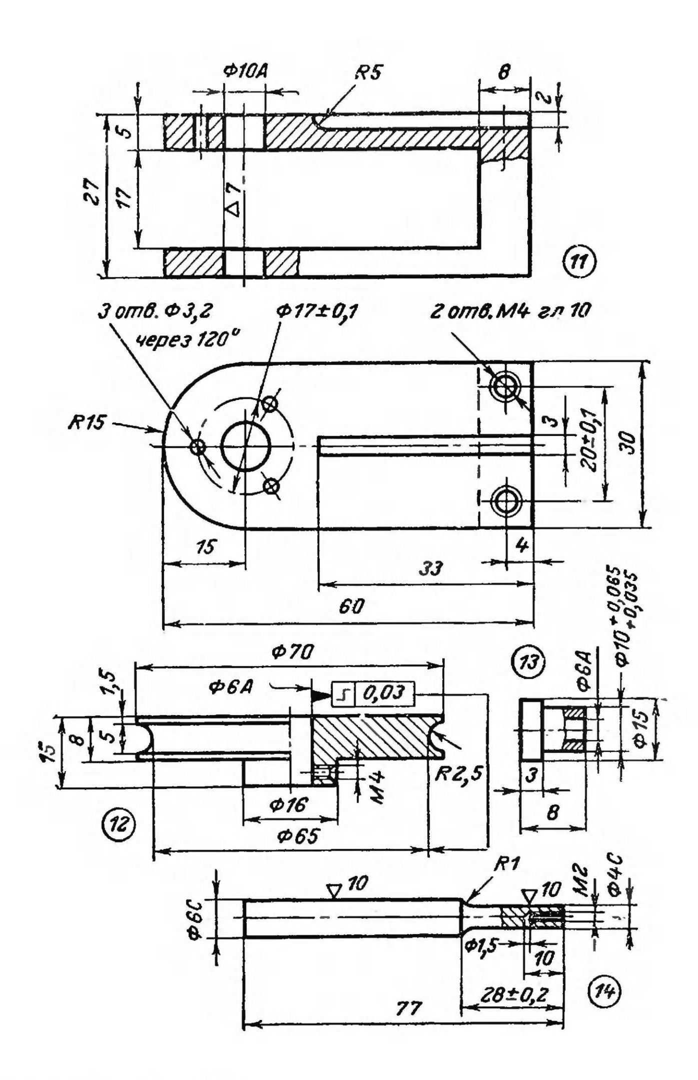


Рис. 45. Детали фрикционной электромагнитной муфты.

недостаток свойствен всем фрикционным механизмам. Приемный (подающий) узел с весьма стабильными параметрами во времени можно создать с применением электромагнитных индукционных муфт скольжения (рис. 46).

Ведущая часть магнитопровода — стальной шкив с обмоткой электромагнита. Напряжение на обмотку подается через подвижные кольца и токосъемники. Ведомой частью муфты является стальной фланец, на котором крепится катушка с лентой. При подаче на обмотку постоянного напряжения между шкивом и фланцем с катушкой

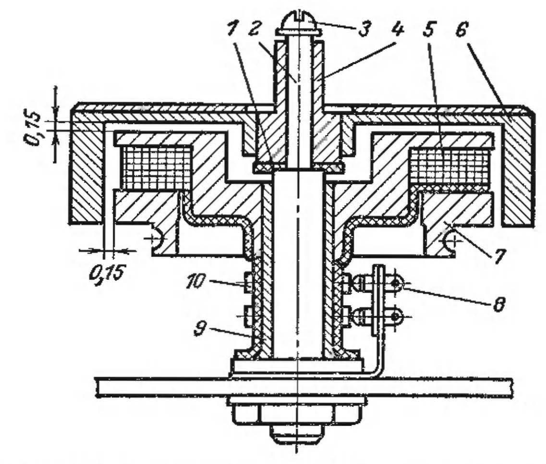


Рис. 46. Приемный (подающий) узел с электромагнитной индукционной муфтой.

1 — фторопластовая шайба; 2 — ось узла; 3 — винт; 4 — втулка фланца; 5 — обмотка электромагнита; 6 — стальной фланец; 7 — стальной шкив; 8 — токосъемник; 9 — втулка шкива; 10 — подвижные кольца.

возникает магнитное сцепление, величина которого определяется ампервитками катушки электромагнита. В описываемой муфте отсутствуют механические фрикционные пары. Поэтому надежность такой конструкции значительно выше обычных механических или электромеханических фрикционных систем.

Трудность реализации муфты с магнитным сцеплением заключается в необходимости достаточно тщательного изготовления контактных колец муфты. Рабочая поверхность обрабатывается с чистотой не ниже ∇ 9. В конструкции токосъемников необходимо предусмотреть возможность регулировки силы прижима щеток к контактным кольцам. Слабый прижим может явиться источником помех от искрения. Сильный прижим приводит к повышенному износу щеток и колец и создает излишнюю механическую нагрузку на приводной электродвигатель.

Электромагнитные муфты приемных и подающих узлов создают сильные магнитные поля, влияющие на работу расположенных близко

к ним магнитных головок и электронной схемы магнитофона. Поэтому при установке таких муфт в ЛПМ необходимо опытным путем найти правильную ориентацию приемного и подающего узлов, поворачивая их вокруг своей оси, добиваясь минимальных наводок на указанные элементы магнитофона.

Применение рассмотренных электромагнитных фрикционных и индукционных муфт приводит к увеличению потребляемой энергии от питающей сети, так как рабочий ток этих муфт может изменяться в пределах 0,1—0,6 А при питающем напряжении 24—30 В.

ПРИВОДНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ЛПМ

Электродвигатели и системы передач

Для одномоторных ЛПМ магнитофонов применяют электрические двигатели, обладающие жесткой механической характеристикой. Частота вращения их мало зависит от нагрузки на вал.

Наибольшее распространение в аппаратуре звукозаписи получили *асинхронные электродвигатели*. Обладая относительно малой зависимостью скорости вращения от нагрузки на вал, они весьма компактны, что обеспечило им широкое применение в бытовых магнитофонах.

В трехмоторных ЛПМ магнитофонов электродвигатели, связанные с приемным и подающим узлами, должны обладать мягкой механической характеристикой, чтобы при включении не деформировать магнитную ленту.

В ЛПМ портативных магнитофонов применяют *электродвигатели постоянного тока*, скорость вращения которых с необходимой точностью поддерживается с помощью центробежного регулятора или электронной системы стабилизации. Эти электродвигатели обладают малой надежностью коллекторного узла, большим уровнем акустических шумов и значительными электромагнитными полями рассеивания.

В настоящее время получили распространение *бесконтактные электродвигатели постоянного тока* с электронной системой управления, на валу у которых имеются датчики скорости вращения. При вращении вала датчики вырабатывают сигнал, пропорциональный скорости вращения. Этот сигнал сравнивается с эталонным. В результате формируется сигнал управления, увеличивающий или уменьшающий напряжение на электродвигателе. Электронная стабилизация скорости вращения бесконтактных электродвигателей позволяет получить высокое постоянство числа оборотов.

На выбор электродвигателя ЛПМ большое влияние оказывают принятая конструктором кинематическая схема всего механизма, качество исполнения отдельных узлов, а также допустимая величина нестабильности скорости вращения. Чем выше класс магнитофона, тем более высокие требования предъявляются к электродвигателю ЛПМ.

Любой электродвигатель, установленный в магнитофон, является источником сильных электромагнитных помех из-за наличия полей рассеивания. Это приходится учитывать при конструировании ЛПМ,

принимая соответствующие меры защиты. Прежде всего следует стремиться располагать электродвигатели как можно дальше от магнитных головок, от входных цепей усилителей. Достаточно эффективна защита от наводок с помощью магнитных экранов, в которые заключают магнитные головки. Материалом для экрана может служить пермаллой марки 79НМХ толщиной от 1 до 2 мм. Иногда в экран приходится помещать и сам электродвигатель. Но при этом следует учитывать, что при слишком близком расположении экрана к электродвигателю последний может значительно потерять свою мощность за счет замыкания части магнитного потока через экран. Размер и конструкцию экрана выбирают из условия увеличения не более чем на 10—15% тока холостого хода у электродвигателя, помещенного в экран.

Устанавливая электродвигатель в экран, следует особо позаботиться о мерах предупреждения его перегрева. Кроме того, электродвигатели постоянного тока снабжаются помехоподавляющими фильтрами и специальными электронными схемами. Экранирование выполняется с особой тщательностью, вплоть до экранирования выводных концов и размещения электрического фильтра, тоже являющимся источником электромагнитного излучения, в один экран с электродвигателем.

Для приводного механизма ЛПМ магнитофона применяют электродвигатели, имеющие различные скорости вращения. Чем больше скорость вращения ротора, тем более сложной становятся система передачи вращающих моментов на ведущий вал, приемный и подающий узлы и т. д.

Часто радиолюбители применяют в своих конструкциях электродвигатели, не рассчитанные для работы в ЛПМ магнитофона. Как правило, они имеют подшипники качения, являющиеся источником сильного акустического шума. Чтобы избавиться от него, производят замену подшипников качения подшипниками скольжения. При этом втулку и вал следует выполнять по скользящей посадке второго класса (А, С).

Стабильность работы ЛПМ во многом зависит от правильного выбора мощности электродвигателя. В зависимости от класса магнитофона данные о номинальной величине мощности на валу электродвигателя сведены в табл. 7.

Необходимо учитывать, что в соответствии с ГОСТ 14191-72 допустимая стабильность скорости вращения асинхронного двигателя гарантируется при условии, что нагрузка на его валу не превышает

Таблица 7

Кинематическая схема ЛПМ	Вид приводного механизма	Скорость ленты, см/с	Диаметр катушек с лентой, мм	Мощность на валу двигателя, Вт
Трехмоторная	Прямой	19 и 9	250	5 (ведущий двигатель)
Одномоторная	Косвенный	19 и 9	180	5
Одномоторная	Косвенный	9 и 4	100	1,5
Одномоторная (кассетный ЛПМ)	Косвенный	4	компакт-кассета	1,5

20% номинальной. Пренебрежение этим требованием приводит к ухудшению основных параметров ЛПМ. Вот почему конструктор должен всегда стремиться свести до минимума потери мощности, возникающие в ЛПМ.

При передаче вращения от электродвигателя на маховик большой массы (2—3 кг) можно на 10—15% снизить мощность на валу.

Наиболее широкое применение получили электродвигатели серии ДВС, ДВА, ЭДГ, АД, КД, ДКС, МД, ДПМ. Выпускаемые промыш-

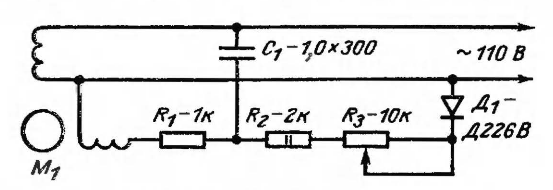


Рис. 47. Регулятор частоты вращения электродвигателя типа ЭДГ.

ленностью электродвигатели-трансформаторы типа АДТ 1,6/10-2 и АДТ-6 позволяют уменьшить габариты и массу магнитофона, так как они одновременно являются и силовыми трансформаторами.

Из-за невозможности точного учета всех возникающих нагрузок часто оказывается, что скорость вращения ведущего вала в изготовленном магнитофоне отличается от расчетной. А это значит, что линейная скорость ленты не соответствует стандарту.

В этом случае приходится производить доработку ЛПМ, изменяя приводной диаметр маховика, рабочую часть ведущего вала или насадку на оси электродвигателя. Этого можно избежать, если воспользоваться специальной схемой, приведенной на рис. 47. С ее помощью можно изменять скорость вращения ротора электродвигателя типа ЭДГ в пределах до 20%. Изменение скорости вращения происходит в сторону ее уменьшения от номинальной. Регулировка осуществляется переменным резистором R_3.

В лентопротяжных механизмах широко применяются *различные системы передачи вращающего момента* к отдельным функциональным узлам. *Прямая передача* осуществляется, как правило, только в трехмоторных ЛПМ. При этом ось электродвигателя является ведущим валом ЛПМ. Для такой конструкции требуется тихоходный электродвигатель с жесткой характеристикой. Несмотря на простоту, такие системы среди радиолюбителей, да и в промышленной бытовой аппаратуре распространения не получили, так как для их реализации нужны дорогостоящие крупногабаритные электродвигатели.

Большое распространение получили ЛПМ с косвенным приводным механизмом с использованием фрикционной или пассиковой связи между электродвигателем и отдельными механизмами магнитофона. Правильно спроектированная фрикционная передача компактна, бесшумна и обеспечивает передаточное отношение до 15. В том случае, когда в передаче участвует паразитный ролик (рис. 48, *а*), важно правильно выбрать его положение относительно ведущего и ведомого звеньев механизма. Паразитный ролик *3* втягивается в сторону зацепления ведущим шкивом *2*. При заданном расстоянии *А* угол α должен быть равен 100—130°. Ролик *3* не следует жестко устанавли-

вать на ЛПМ. Он крепится на составном рычаге *4* и *5* и имеет механизм самоустановки (аналогично прижимному ролику ведущего узла). Геометрические размеры паразитного ролика легко определить графическим путем. Зная необходимое передаточное число i, можно рассчитать диаметры ведущего и ведомого шкивов с учетом двойного скольжения передачи по формуле

$$D_2 = iD_1 (1 - S)^2,$$

где D_1 — диаметр ведущего шкива; D_2 — диаметр ведомого шкива; S — коэффициент скольжения (0,02—0,03).

Не следует выбирать D_1 меньше 10 мм, так как уменьшение его приводит к ненадежной работе системы. Как правило, ведущий шкив делают металлическим, а ведомый — обрезиненным. Это связано с тем, что на резиновой поверхности трудно обеспечить малый эксцентриситет. В то же время при большом диаметре легче добиться более точной обработки резины.

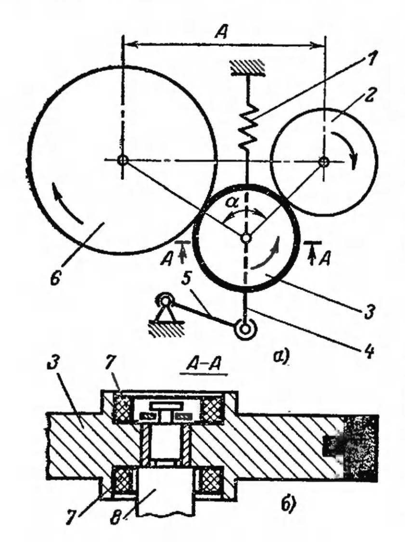


Рис. 48. Фрикционная передача.

Если в передаче участвует паразитный ролик, ведущий и ведомый шкивы не имеют обрезиненной поверхности. Эластичный слой резины или полиуретана наносится на него. Для более надежного контакта ролик прижимается к шкивам *2* и *6* пружиной *1*. Сила прижима в пределах 2—5 кН. Чем выше коэффициент трения в фрикционной паре, тем меньше усилие прижима требуется для нормальной работы такого механизма. Ведущий шкив выполняют стальным или латунным. Ведомое им звено покрывается слоем эластичной резины марок НО68-1, 98-1, В-14, ВИАМ-106. Лучше использовать полиуретан СКУ-6, СКУ-7 или СКУ-8 как материал, хорошо противостоящий истиранию. У него практически отсутствуют остаточные деформации.

Чтобы предохранить резиновую поверхность ролика от деформации, обязательно предусматривают отвод его от шкива в нерабочем положении. В некоторых конструкциях с этой целью связывают ручку выключателя магнитофона с механизмом отвода ролика в фрикционной передаче.

Поверхность фрикционной пары необходимо предохранять от попадания на нее смазки, нанесенной на вращающиеся части ЛПМ. Одна из предохранительных конструкций приведена на рис. 48, *б*. В проточку на ролике *3* у оси *8* вложено фетровое кольцо *7*. Оно впитывает в себя излишки смазки и препятствует распространению масла на поверхность ролика в любом его положении.

В некоторых узлах, если позволяет конструкция, в месте выхода оси из ролика на него надевают крышку-колпачок. Самое простое предохранительное устройство от попадания масла на механизм ЛПМ — маслоотражающая шайба, плотно надетая на ось непосредственно у вращающейся втулки. Материалом для нее может быть фторопластовая пластина толщиной 0,2—0,4 мм. Отверстие в шайбе делают несколько меньше диаметра вала, чем достигается надежное крепление малоотражающей шайбы на валу.

В портативных магнитофонах довольно часто вращение от электродвигателя передается непосредственно на маховик ведущего вала. Для обеспечения большей компактности механизма оси электродвигателя и ведущего вала располагают под углом 90° (рис. 49). Электродвигатель может отклоняться на угол α, обеспечивая выход вала из зацепления с маховиком в нерабочем состоянии.

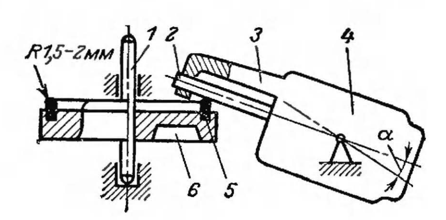


Рис. 49. Фрикционная передача в компактных ЛПМ.

1 — ведущий вал; *2* — вал электродвигателя; *3* — кронштейн вала электродвигателя; *4* — электродвигатель; *5* — резиновое кольцо; *6* — маховик.

У фрикционной передачи есть недостатки, которые необходимо учитывать конструктору ЛПМ. Прежде всего в передаче имеется значительное скольжение, работа фрикционной пары при реверсировании неустойчива, необходимо производить размыкание фрикционной передачи в нерабочем состоянии во избежание появления остаточной деформации, что усложняет ЛПМ.

В связи с этим более просты и надежны в работе *ременные (пассиковые) передачи*, хотя они несколько больших габаритов при одинаковых с фрикционными значениями коэффициента передачи. Кроме того, при малых межцентровых расстояниях между ведущим и ведомым шкивами для натяжения пассика в ременных передачах необходимо устанавливать натяжные ролики.

Передаточное отношение i для ременной передачи без учета толщины пассика можно определить из выражения

$$i = (1 + S)\, D_2/D_1,$$

где S — коэффициент скольжения пассика, равный 0,01—0,015; D_1 — диаметр ведущего шкива; D_2 — диаметр ведомого шкива.

Если задано межцентровое расстояние A (рис. 50, *а*), угол α охвата пассиком ведущего шкива можно приближенно определить из формулы

$$\alpha \approx 180 - 57,4^\circ \left(\frac{D_2 - D_1}{A}\right).$$

При этом угол α не должен быть меньше 150°. В противном случае необходимо применить натяжной ролик (рис. 50, *б*), который всегда устанавливается на сбегающей ветви пассика. Диаметр роли-

ка обычно выбирают в 1,1—1,4 раза больше приводного диаметра ведущего шкива.

Длина пассика рассчитывается по приближенной формуле

$$L \approx 2A + 1,57\,(D_1 + D_2) + \left(\frac{D_2 - D_1}{4A}\right)^2.$$

Для передач в ЛПМ они выполняются из резины марок 1847, НО68-1, 98-1 или полиуретана. Резиновые пассики эластичны, но в процессе эксплуатации растягиваются, подвержены влиянию тепла. Полиуретановые пассики выполняются в виде плоских бесконечных

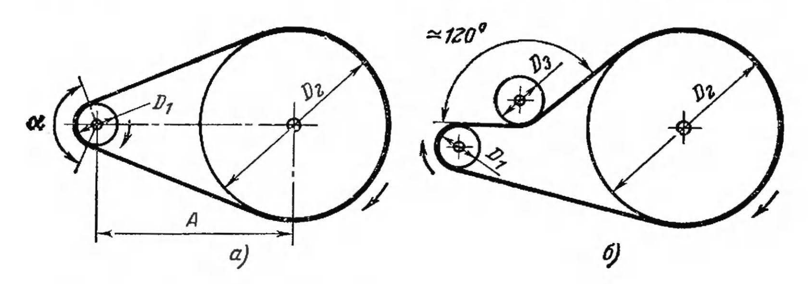


Рис. 50. Ременная передача.

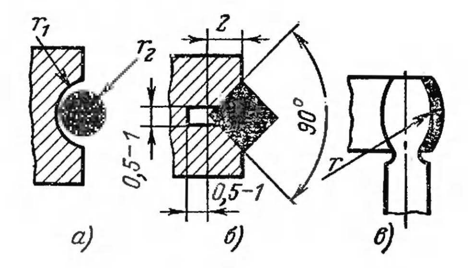


Рис. 51. Формы пассиков.

лент толщиной 0,5—1 мм, обладают достаточной жесткостью и поэтому их применение в малогабаритных механизмах ограничено. Хорошие результаты дает использование в ЛПМ лавсановых пассиков толщиной 0,2—0,3 мм. В зависимости от материала и формы сечения пассика приводная поверхность шкива может иметь конфигурации, представленные на рис. 51.

Пассик круглого сечения (рис. 51, *а*) наиболее часто применяется в ЛПМ. Канавка в шкиве проточена с радиусом r_1, на 10—15% большим, чем радиус r_2 поперечного сечения пассика. Такой пассик удобно использовать в случае ступенчатого шкива (переключатель скорости). Однако передачи с круглым пассиком отличаются неопределенностью диаметра зацепления.

В этом отношении пассик квадратного сечения (рис. 51, *б*) надежнее. Он позволяет осуществлять более точную передачу при небольших диаметрах шкивов ЛПМ кассетных магнитофонов. Проточку шириной 0,5—1 мм делают для устранения влияния на движение пассика облоя, неизбежно присутствующего на прессованных пассиках.

Плоские пассики (рис. 51, *в*) обеспечивают наиболее точную передачу. При этом для исключения сползания пассика со шкива поверхности ведомого или ведущего шкива придается бочкообразная форма. В качестве материала для плоских пассиков рекомендуется лавсановая или полиуретановая лента толщиной 0,2—0,3 мм. Для особо точных передач наружную поверхность пассиков пришлифовывают.

В ЛПМ широко применяют одновременно как фрикционные, так и пассиковые передачи. Этим достигается большая свобода при выборе того или иного компоновочного решения, облегчается процесс разработки многофункциональных ЛПМ.

Кинематические схемы ЛПМ

Выбор кинематической схемы ЛПМ предопределяет основные механические характеристики магнитофона.

Большинство современных бытовых магнитофонов строится по кинематической *схеме с «открытой петлей»* (разомкнутая система). Лентопротяжный тракт такого магнитофона (рис. 52, *а*) представляет собой два участка. Подающий узел — блок головок — узел ведущего вала составляют левую ветвь тракта. Ведущий вал — приемный узел образует правую ветвь лентопротяжного тракта. Легко заметить, что на участке левой ветви магнитная лента подвергается воздействию подающего узла (из-за дефектов его изготовления) и направляющих колонок или обводных роликов. Все это в конечном итоге вызывает неравномерность движения магнитной ленты относительно блока головок, ухудшая качество записи.

Более совершенны *ЛПМ с «закрытой петлей»* (рис. 52, *б*), в которых ни подающий, ни приемный узлы ЛПМ не оказывают практически никакого воздействия на неравномерность движения ленты мимо магнитных головок. Стабильность движения на участке магнитных головок целиком определяется постоянством параметров системы ведущий вал — прижимные ролики — магнитная лента.

Механизмы с «закрытой петлей» обеспечивают наилучшие условия для движения ленты мимо головок со строго постоянной скоростью, зависящей в основном от качества изготовления ведущего узла.

Постоянство натяжения магнитной ленты в таких механизмах может быть создано конструктивными особенностями ведущего вала (рис. 52, *б* вид *А—А*). Небольшая разница диаметров вала позволяет сообщить ленте на входе и выходе из петли различные линейные скорости. За счет этого поддерживается стабильное натяжение магнитной ленты в зоне блока головок.

Однако широкое распространение механизмы с «закрытой петлей» в бытовой аппаратуре пока не получили. Основная причина этого — сложная конфигурация лентопротяжного тракта в зоне магнитных головок, что затрудняет заправку ленты.

На рис. 52, *в* показана еще одна кинематическая схема ЛПМ с «закрытой петлей». Она отличается тем, что содержит два совершен-

но идентичных ведущих узла. Один стоит перед блоком головок, а другой — после них. Натяжение ленты может быть осуществлено из-за небольшой (несколько микрон) разницы диаметров ведущих валов. Однако удобнее в таком механизме применить маховики с небольшой разницей в диаметрах. Преимущество системы «закрытой петли» с двумя маховиками — простота заправки ленты. Кроме того, применение двух маховиков значительно стабилизирует работу ведущего узла. При этом в меньшей степени сказываются погрешности при изготовлении маховиков.

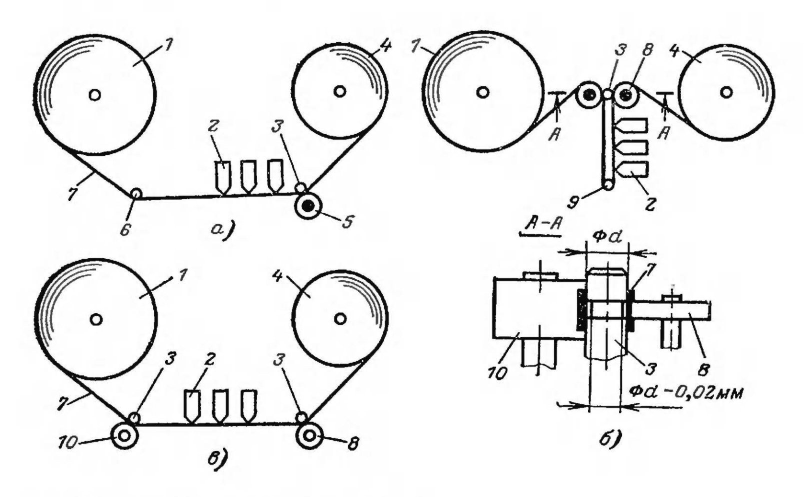


Рис. 52. Кинематические схемы ЛПМ.

1 — магнитная лента на подающем узле; *2* — магнитные головки; *3* — ведущий вал; *4* — магнитная лента на приемном узле; *5* — прижимной ролик; *6* — направляющая колонка; *7* — магнитная лента; *8* — узкий прижимной ролик; *9* — обводной ролик; *10* — широкий прижимной ролик.

Интересной разновидностью ЛПМ являются конструкции, у которых имеются два маховика при использовании кинематической схемы с «открытой петлей». Один маховик устанавливается на ведущем валу, а другой — на промежуточном ролике. Оба вращаются с одинаковой угловой скоростью, но в разные стороны. Их размеры и массу выбирают одинаковыми. Такой механизм обеспечивает получение достаточно стабильной скорости движения магнитной ленты в портативных магнитофонах, предназначенных для эксплуатации в процессе движения.

Кроме обобщенного деления кинематических схем магнитофонов на ЛПМ с «закрытой петлей» или с «открытой петлей» часто производят классификацию кинематических схем по количеству электродвигателей в магнитофоне.

Наиболее проста *кинематическая схема трехмоторных ЛПМ*. Они надежны в работе, содержат минимум передаточных звеньев. Приводной механизм ведущего узла от отдельного электродвигателя позволяет обеспечить высокую стабильность вращения ведущего вала ЛПМ. Однако трехмоторная конструкция оказывается достаточно дорогостоящей из-за применения трех электродвигателей, два из которых должны иметь мягкие нагрузочные характеристики. Параллельно с этим увеличиваются и габариты ЛПМ.

Трехмоторные ЛПМ, как правило, применяются в профессиональной аппаратуре. *Кинематические схемы ЛПМ с одним электродвигателем* наиболее распространены в бытовых магнитофонах. Одномоторные ЛПМ значительно компактнее и легче трехмоторных, изготовление их промышленным путем дешевле.

Однако в радиолюбительских условиях может оказаться, что создание высококачественного магнитофона по трехмоторной схеме (даже с применением обычных или доработанных электродвигателей) значительно проще и дешевле, чем узлов передачи движения приемному и подающему узлам ЛПМ.

Двухмоторные конструкции реализуются довольно редко, так как они унаследовали недостатки одномоторных и трехмоторных ЛПМ, не приобретя больших преимуществ перед ними.

В настоящее время ЛПМ высококачественных магнитофонов выполняются в виде вертикальной конструкции, компоновка которой значительно сложнее из-за необходимости применения электродвигателя, предназначенного для работы в горизонтальном положении. В приемном и подающем узлах используются весонезависимые фрикционные муфты. А это в свою очередь требует введения следящих систем, регулирующих натяжение магнитной ленты.

Системы контроля и управления

Современный высококачественный магнитофон оснащен различными системами контроля и индикации. Эти устройства позволяют контролировать расход магнитной ленты, сигнализируют о срабатывании автостопа, указывают номер рабочей дорожки и т. д.

Индикатор расхода ленты облегчает поиск нужной записи. В настоящее время наибольшее распространение получили два вида индикатора: *счетчик барабанного типа и шкала с делениями*, расположенная на лицевой панели магнитофона под катушками с лентой. Безусловно, что второй вид индикатора более простой по исполнению.

В некоторых случаях шкала выполняется прозрачной и с подсветкой. Цвет свечения шкалы указывает на режим работы магнитофона: красный — при записи, зеленый — при воспроизведении. Однако отсчет по таким шкалам весьма приблизительный и не дает возможности точного поиска интересующей записи.

Наиболее удобен счетчик барабанного типа, связанный пассиком с фланцем подающего узла или с одним из промежуточных роликов ЛПМ. Счетчик, устанавливаемый в ЛПМ, имеет кнопку сброса. В ЛПМ портативных магнитофонов, рассчитанных на использование небольших катушек, вмещающих 100—500 м магнитной ленты, достаточно применить трехразрядные счетчики.

Механизм счетчика должен обладать плавностью и легкостью хода. Максимальный вращающий момент для счетчиков не превышает следующих значений: $2 \cdot 10^{-4}$ Н·м для сетевых катушечных магнитофонов и $1 \cdot 10^{-4}$ Н·м для кассетных и портативных магнитофонов с автономным питанием.

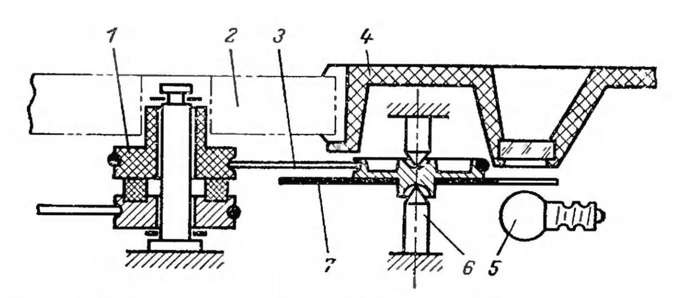


Рис. 53. Индикатор движения магнитной ленты кассетного магнитофона.

У кассетных магнитофонов часто отказывают в работе кассеты. Наиболее распространенный дефект — остановка приемной бобышки из-за деформации корпуса кассеты или перекоса магнитной ленты на направляющих роликах. Так как лента в кассете закрыта, то ее остановку трудно заметить сразу. Для контроля за работой кассеты в современных магнитофонах устанавливают специальные индикаторы движения магнитной ленты.

Индикатор, конструкция которого приведена на рис. 53, состоит из диска *7* (с прозрачными и непрозрачными секторами). Тонким эластичным пассиком *3* он связан с ведомой полумуфтой *1* приемного бокового узла ЛПМ. Для снижения нагрузки на приемный узел диск *7* и шкив на нем изготовляют достаточно малой массы, а ось вращения устанавливают в игольчатые опоры *6*. В лицевой панели магнитофона делают специальное окно, закрытое цветным прозрачным стеклом (часто зеленого или синего цвета), а за диском *7* располагают миниатюрную электрическую лампочку *5*. При вращении ведомой полумуфты *1*, т. е. при наматывании ленты в кассете *2* на приемную бобышку, диск *7* вращается и в окне на панели *4* видны движущиеся полосы. При заклинивании приемной бобышки кассеты полумуфта *1* перестает вращаться и движение цветных полос в окне панели прекращается. Это сигнализирует о неисправности.

Индикаторы остановки ленты в кассетных магнитофонах можно выполнить и иным способом. Например, непрозрачные секторы укрепить непосредственно на полумуфте *1*. Свет от лампочки в этом случае будет воздействовать на фоторезистор или иной светочувствительный элемент, включенный в электрическую схему. Индикатором в такой схеме может быть светодиод.

В качестве датчиков вращения полумуфты *1* могут служить индукционные, магнитные и другие устройства, непосредственно укрепленные на полумуфте *1*. Они оказывают меньшее влияние на работу приемного узла ЛПМ, чем рассмотренная механическая система. Индикаторами остановки ленты могут быть не только световые, но и звуковые сигнализаторы. Они включаются специальной электронной схемой, срабатывающей при остановке ведомой полумуфты приемного узла.

ЛПМ магнитофона содержит большое количество различных тяг, рычагов и других соединительных элементов, связывающих исполнительные механизмы с органами управления. Все это усложняет изготовление ЛПМ, приводит к уменьшению надежности систем управления. Механические переключающие устройства ограничивают, а в некоторых случаях и совсем исключают возможность применения дистанционного управления ЛПМ магнитофона.

Более целесообразно применять в ЛПМ силовые электромагниты для управления исполнительными механизмами. При этом упрощается связь между органами управления, а работа ЛПМ становится более надежной. Электромагниты в ЛПМ позволяют простыми методами осуществить системы дистанционного (проводного или беспроводного) управления. В ЛПМ лучше использовать электромагниты, рассчитанные на питание постоянным током, так как при этом легче устранить влияние магнитных полей на входные каскады усилителей магнитофона и на магнитные головки.

По конструкции *электромагниты*, применяемые в ЛПМ, могут быть разделены на два вида — плунжерные и клапанные. Выбор вида зависит от тех механических тяговых характеристик, которые необходимо получить от электромагнита.

Электромагнит плунжерного типа (рис. 54), наиболее часто применяющийся в ЛПМ, состоит из катушки *2*, заключенной в стальной корпус *3*. С одной стороны в катушку вставлен сердечник с фланцем — стоп *4*. В нее же входит подвижной якорь *1*. Распайку выводов от катушки производят на контактах изоляционной крышки *5*. В качестве магнитопровода (детали *1*, *3*, *4*) используются магнитомягкие стали марки ЭАА, Армко. После изготовления их необходимо отжечь с последующим медленным охлаждением.

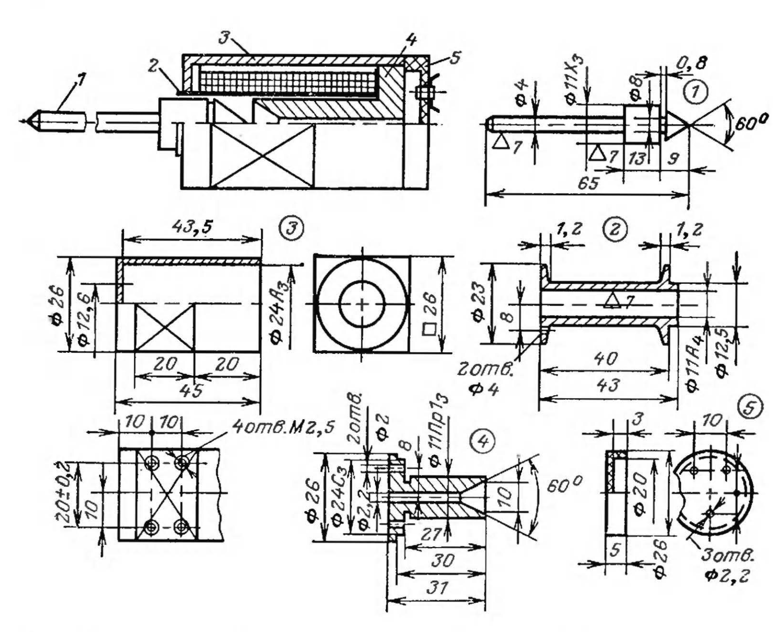


Рис. 54. Плунжерный электромагнит постоянного тока.

Рассмотренная конструкция электромагнита работает только при подаче на него питающего напряжения. При обесточенной обмотке якорь электромагнита возвращается в исходное положение.

Тяговая характеристика плунжерного электромагнита зависит от формы стыкующихся концов якоря и стопа. Электромагниты, применяемые для управления тормозными системами ЛПМ, могут обладать мягкими характеристиками. Такую же характеристику имеют электромагниты с конусным стопом. Ход якоря тормозного электромагнита, как правило, невелик. Равномерное распределение тягового усилия на всем отрезке рабочего хода якоря обеспечивает мягкое торможение.

В некоторых конструкциях узлов прижимных роликов для устойчивой работы механизма требуется электромагнит с большим начальным и конечным усилием срабатывания. В этом случае якорь делают ступенчатым (плоско-коническим).

В целях снижения энергоемкости механизма иногда применяют *импульсные электромагниты*. Принцип их работы состоит в том, что при подаче на обмотку электромагнита импульса тока якорь притягивается к стопу и остается в таком положении за счет срабатывания специального фиксатора. При повторной подаче в обмотку импульса тока фиксатор отпускает якорь.

Электромагнит клапанного типа можно изготовить из обычного коммутационного реле. Часть контактов реле удаляют, чтобы снизить нагрузку на якорь, а одну пару контактов можно оставить и использовать для самоблокировки электромагнита.

Для управления ЛПМ и коммутации электронной схемы магнитофона применяют переключатели рода работ. Они выполняются в виде кнопочного или клавишного устройства с механической фиксацией. Широко распространены различного вида переключатели с ручкой управления, вращающей ось с кулачками и контактной системой. В некоторых магнитофонах (особенно в простых кассетных) используют рычажные переключатели рода работ. Они управляются одной ручкой и имеют четыре-пять положений: среднее (нейтральное) — режим «стоп»; от себя — «рабочий ход»; влево — «перемотка назад»; вправо — «перемотка вперед»; положение на себя — дополнительное — используется не во всех механизмах такого типа.

При работе с механическими переключателями к их ручке или клавишам приходится прикладывать значительные усилия. В последнее время в переключателях рода работ находят применение электронные системы сенсорного типа *. Они устанавливаются в высококачественную аппаратуру, в которой все переключения ЛПМ осуществляются электромагнитами, а в УНЧ используются реле. Сенсорные системы позволяют управлять магнитофоном путем легкого прикосновения пальца к пластинам пульта.

Электромагниты в ЛПМ позволяют управлять магнитофоном при помощи дистанционного провсдного или беспроводного пульта **.

В последние годы наметилась тенденция выполнять высококачественные магнитофоны в виде вертикально стоящих конструкций. Мы уже отмечали, что такое решение требует применения специальных электродвигателей, допускающих работу при горизонтальном положении оси ротора, а приемный и подающий узлы ЛПМ должны быть весонезависимыми и снабжены САР натяжения ленты. Несомненно, все эти механизмы усложняют магнитофон. Однако вертикальная компоновка ЛПМ имеет ряд эксплуатационных удобств, не считаться с которыми нельзя.

Современный высококачественный магнитофон катушечного типа — это прежде всего прибор, насыщенный большим количеством индикаторов, органов управления и регулировки. Как правило, такие магнитофоны рассчитаны на работу с катушками № 18. Все это значительно увеличивает размеры лицевой панели магнитофона и его объем. При горизонтальном положении такого аппарата он занимает большую площадь стола, а обзор лицевой панели затруднен. Вот почему конструкторы располагают ЛПМ таких магнитофонов вертикально: улучшается обзорность лицевой панели, облегчается установка и заправка ленты, улучшается доступ к органам управления магнитофона и его эксплуатация становится проще.

Иногда имеет смысл объединить в одной конструкции два магнитофона — кассетный и катушечный. Этим исключается дублирование ряда электронных устройств, возможна работа двух ЛПМ от одного электродвигателя *.

Узлы и детали ЛПМ монтируются на несущей силовой панели. В портативных и переносных магнитофонах с автономным питанием для такой панели может быть использована листовая сталь толщиной 0,8—1 мм или лист из сплава Д16А-Т толщиной 1,5—2 мм. Более сложные механизмы с тяжелыми сетевыми электродвигателями следует монтировать на панели из сплава Д16А-Т толщиной 5—8 мм. Для облегчения панели в ней можно сделать выборки, не снижающие жесткости конструкции. Слабая несущая панель из-за вибрации и прогиба может явиться причиной некачественной работы ЛПМ. К проектированию силовой несущей панели ЛПМ отнеситесь с должным вниманием. По возможности детали и узлы на панели следует располагать так, чтобы доступ к ним был свободным. Это облегчит профилактическое обслуживание аппарата во время эксплуатации.

Регулировка ЛПМ

Регулировку ЛПМ следует вести в определенной последовательности.

Перед работой необходимо тщательно обезжирить рабочие поверхности валов, роликов, фрикционов и других деталей. Смазку подшипников производят жидкими маслами, предохраняя механизм от попадания на него капель масла. Трущиеся поверхности рычагов, кулачков, фиксаторов можно слегка покрыть смазкой ЦИАТИМ-221 или солидолом.

Номинальную скорость ЛПМ устанавливают мерным отрезком магнитной ленты. Время прогона через лентопротяжный тракт ЛПМ мерного отрезка 100 с. Длина отрезка выбирается из расчета $100 \times v \pm 0{,}5$, где v — номинальная скорость магнитной ленты, см/с.

---

* **Стрельцов Ю.** Сенсорный селектор каналов. — «Радио», 1974, № 8.

** **Пименов И., Михайлов Ю.** Устройство беспроводного дистанционного управления. — В кн.: В помощь радиолюбителю. М., Изд-во ДОСААФ, 1975.

* **Бродкин В. М.** Конструирование бытового радиокомплекса. М., «Энергия», 1975.

В катушке (кассете) с лентой, устанавливаемой на магнитофон, должно быть два таких отрезка, маркированных в начале и конце рулона. Маркировка выполняется цветным фломастером или чернилами. Измерение скорости в начале рулона производят при напряжении питания электродвигателя, на 15—20% превышающем номинальное, а в конце рулона — при напряжении, на 15—20% ниже номинального. Для более точной установки скорости производят не менее пяти-шести замеров и по их результатам рассчитывают среднюю скорость регулируемого аппарата. Регулировка скорости в магнитофоне с питанием электродвигателя по схеме на рис. 47 осуществляется резистором R_3. Изменением напряжения питания коллекторных электродвигателей постоянного тока можно в небольших пределах подогнать скорость до номинальной, однако при этом может произойти перегрузка двигателя при повышении напряжения на коллекторе или потеря мощности при снижении напряжения. Прибегать к такому методу следует осторожно.

Более сложный и трудоемкий способ — подгонка диаметра насадки на валу электродвигателя. В ряде случаев это можно сделать, не снимая насадки с вала, обработав ее надфилем при включенном электродвигателе. При изготовлении ЛПМ диаметр насадки на вал необходимо сделать чуть больше расчетного. Этим можно избежать повторного изготовления и напрессовки насадки на вал.

Регулировка подающего и приемного узлов ЛПМ заключается в обеспечении нормальной фрикционной связи и в четком срабатывании тормозов. Если в ЛПМ применена предохранительная муфта (см. рис. 37), необходимо установить усилие ее срабатывания. Фланец *4* должен проскальзывать относительно полумуфты *11* при натяжении магнитной ленты не более 4 Н.

Регулировку усилия фрикционной связи полумуфт приемного и подающего узлов ЛПМ производят при всех режимах работы магнитофона. Оценка работы производится путем измерения силы натяжения магнитной ленты при помощи пружинного граммометра. Измерения производятся при пустой и полной катушке с лентой на проверяемом узле. В режиме «стоп» фрикцион должен срабатывать (проскальзывать) при натяжении магнитной ленты с силой 2,5—3 Н, при «рабочем ходе» — при усилии 0,5—0,6 Н. В режиме «перемотка» фрикцион, выполняющий роль подающего узла, срабатывает при усилии 0,4—0,5 Н, а приемный узел — при усилии 1,5—2 Н.

Приведенные выше значения относятся к катушечному магнитофону. В кассетном ЛПМ указанные значения усилий срабатывания фрикционов следует уменьшить в 1,5—2 раза.

Тормоза регулируются на одновременность срабатывания и отпускания, в противном случае будут образовываться петли или растяжения и обрывы магнитной ленты.

САР натяжения магнитной ленты проверяют замером пружинным граммометром постоянства натяжения ленты на участке подающий узел — ведущий вал. Колебания усилия натяжения не должны превышать 10—15%.

Юстировка магнитных головок заключается в правильной ориентации их рабочих щелей относительно магнитной ленты, регулировки лентоприжимов и прижимного ролика. Регулировку положения рабочего зазора воспроизводящей (универсальной) магнитной головки производят с помощью лент измерительных рабочих (ЛИР) по ГОСТ 8304-69, воспроизводя сигнал с частотой 400 Гц. Минимальные искажения сигнала получают, изменяя наклон рабочей щели головки. При отсутствии ЛИР можно воспользоваться магнитофильмами фирмы «Мелодия» и на слух отрегулировать положение головки, добиваясь естественного воспроизведения записи.

Если в магнитофоне имеются раздельные головки записи и воспроизведения, положение головки записи регулируют после юстировки тракта воспроизведения. На записывающую головку подается сигнал частотой 1000 Гц, который тут же измеряется на осциллографе через усилитель, подключенный к воспроизводящей головке. Изменением положения рабочей щели головки добиваются неискаженного воспроизведения сигнала. При этом нельзя забывать, что в зависимости от расстояния между головками записи, воспроизведения и скорости движения магнитной ленты сигнал будет воспроизводиться с некоторым запаздыванием.

Стирающая головка не требует какой-либо серьезной регулировки. Она, как и головки воспроизведения (универсальная) и записи, должна в режиме «рабочий ход» всей плоскостью рабочей щели прилегать к магнитной ленте, оказывая на нее равномерное давление по всей ширине. Рабочие щели головок располагают строго посередине зоны контакта головки с лентой. Для этого рабочую поверхность головки закрашивают фломастером и пропускают через лентопротяжный тракт ЛПМ магнитную ленту. После этого на головках ясно видно пятно контакта, по которому легко судить о положении рабочей щели относительно зоны контакта.

При многодорожечной записи необходимо измерить положение магнитных головок по высоте относительно ширины магнитной ленты (см. рис. 5 и 8). Для этого необходимо приготовить «проявитель»: растворить 1 г порошка карбонильного железа в 100 $см^2$ спирта или бензина «калоша». На отрезке магнитной ленты записывается сигнал частотой 1000 Гц (с насыщением), после чего лента опускается в «проявитель». Перед «проявлением» лента складывается рабочим слоем наружу. Сосуд с «проявителем» и лентой взбалтывают для равномерного распределения порошка по поверхности магнитной ленты. После извлечения ленты из «проявителя» растворитель испаряется и фонограмма становится хорошо видимой. Измерить положение дорожек уже не составляет труда.

Окончательно отрегулировав положение головок, настраивают лентоприжим. Он должен располагаться строго симметрично относительно зоны контакта головок с лентой и воздействовать на них с силой 1 Н.

Сила воздействия прижимного ролика на ведущий вал должна быть в пределах 4—5 Н для катушечного и 2—2,5 Н для кассетного магнитофонов.

Более точные значения усилия фрикционной связи, тормозных моментов и прижимных сил зависят от конкретных конструкций ЛПМ. Приведенные выше величины являются ориентировочными, определяя порядок значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Козырев А. В., Фабрик М. А. Конструирование любительских магнитофонов. М., Изд-во ДОСААФ, 1973.

Колищук В. Г., Травников Е. Н. Конструирование и расчет магнитофонов. Киев, «Техника», 1970.

Курбатов Н. В., Янковский Е. Б. Узлы и детали магнитофонов. М., «Энергия», 1965.

Михневич А. В. Лентопротяжные механизмы. М., «Энергия», 1971.

Артамонов М. Универсальный приемо-подающий узел магнитофона.—«Радио», 1974, № 11.

Вайнбом П. «Бесконечная» кассета. — «В помощь радиолюбителю», М., Изд-во ДОСААФ, 1970, вып. 36.

Пташенчук Ю. Стабилизация натяжения магнитной ленты в магнитофонах.—«Радио», 1974, № 12.

Варшавская И., Казачков Б., Лазарева С. Электродвигатели переменного тока для магнитофонов и электропроигрывающих устройств.—«Радио», 1975, № 7.

СОДЕРЖАНИЕ

ВЛАДИМИР МЕЕРОВИЧ БРОДКИН

Механизмы магнитофонов

Редактор Д. А. Кругликов
Редактор издательства Н. В. Ефимова
Технический редактор М. П. Осипова
Обложка художника А. А. Иванова
Корректор А. Д. Халанская

ИБ № 1382

Сдано в набор 29/X 1976 г. Подписано к печати 10/VI 1977 г. Т-06894.
Формат 84×108[1]/32. Бумага типографская № 3. Усл. печ. л. 4,2.
Уч.-изд. л. 5,27. Тираж 40.000 экз. Зак. 779. Цена 40 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли

600610, гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.